

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO TECNOLÓGICO
PROGRAMA DE PÓS - GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

DANIELA RODRIGUES ARAUJO

**EUTROFIZAÇÃO EM RESERVATÓRIOS – ESTUDO
DE CASO: RESERVATÓRIOS DE RIO BONITO E
SUÍÇA (ES)**

VITÓRIA

2016

DANIELA RODRIGUES ARAUJO

EUTROFIZAÇÃO EM RESERVATÓRIOS – ESTUDO DE CASO: RESERVATÓRIOS DE RIO BONITO E SUÍÇA (ES)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Ambiental, na área de concentração Recursos Hídricos.

Orientador: Dr. Antônio Sérgio Ferreira Mendonça

VITÓRIA

2016

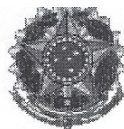
Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca Setorial Tecnológica,
Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

A663 Araujo, Daniela Rodrigues, 1986-
Eutrofização em reservatórios – Estudo de caso :
reservatórios de Rio Bonito e Suíça (ES) / Daniela Rodrigues
Araujo. – 2016.
229 f. : il.

Orientador: Antonio Sérgio Ferreira Mendonça.
Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) –
Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Tecnológico.

1. Eutroficação. 2. Água – Qualidade. 3. Reservatórios.
4. Nutrientes. 5. Eutrofização. 6. Índice de Estado Trófico (IET).
7. Santa Maria da Vitória, Rio, Bacia (ES). I. Mendonça, Antonio
Sérgio Ferreira. II. Universidade Federal do Espírito Santo.
Centro Tecnológico. III. Título.

CDU: 628



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO TECNOLÓGICO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

**“Eutrofização em Reservatórios – Estudo de Caso:
Reservatórios de Rio Bonito e Suíça (ES)”.**

DANIELA RODRIGUES ARAUJO

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Antônio Sérgio Ferreira Mendonça
Orientador – DEA/CT/UFES

Prof. Dr. José Antônio Tosta dos Reis
Examinador Interno - DEA/CT/UFES

Prof. Dr. Davi Gasparini Fernandes Cunha
Examinador Externo – SHS/RESC/USP

O julgamento desta dissertação foi realizado com a participação por meio de videoconferência do **membro externo** o Prof. Dr. Davi Gasparini Fernandes Cunha seguindo as normas prescritas na portaria normativa nº. 1/2016. Desse modo, a assinatura do membro externo é representada neste documento pela respectiva assinatura do presidente da comissão julgadora, o Prof. Dr. Antônio Sérgio Ferreira Mendonça.

Coordenador do PPGEA: Prof. Dr. Edmilson Costa Teixeira
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
Vitória, ES, 26 de Abril de 2016.

Dedicatória

Às minhas fontes de amor e força, meus pais,
Sandra Pereira Rodrigues e Demicio Ferreira
de Araujo, que me instruíram a nunca desistir
dos meus sonhos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus por me proteger e dar forças para vencer mais uma etapa da minha vida.

Aos meus pais, Sandra Pereira Rodrigues e Demicio Ferreira de Araujo, pelo apoio incondicional e incentivo na minha jornada de estudos intermináveis.

À minha irmã, Dianna Rodrigues Araujo, pelo apoio, carinho e compreensão nos momentos em que não pude estar presente.

Ao meu namorado, André de Mattos Ferraz, pela compreensão, apoio, amor e torcida em todos os momentos.

Aos meus amigos pela torcida pelo meu sucesso e compreensão da minha ausência.

Ao meu orientador, Antônio Sérgio Ferreira Mendonça, por transmitir seu conhecimento, paciência, apoio e confiança nestes dois anos de aprendizagem para que eu realizasse meu sonho: ser Mestra.

Ao José Antônio Tosta dos Reis, pelo apoio em todos os momentos do mestrado e por, gentilmente, ter aceitado ser da Comissão Examinadora.

Ao Davi Gasparini Fernandes Cunha por me transmitir conhecimento e apoio, além de gentilmente ter aceitado ser da Comissão Examinadora.

“Água que nasce na fonte
Serena do mundo
E que abre um
Profundo grotão
Água que faz inocente
Riacho e deságua
Na corrente do ribeirão

Águas escuras dos rios
Que levam
A fertilidade ao sertão
Águas que banham aldeias
E matam a sede da população

Águas que caem das pedras
No véu das cascatas
Ronco de trovão
E depois dormem tranqüilas
No leito dos lagos
Água dos igarapés
Onde lara, a mãe d'água
É misteriosa canção
Água que o sol evapora
Pro céu vai embora
Virar nuvens de algodão

Gotas de água da chuva
Alegre arco-íris
Sobre a plantação
Gotas de água da chuva
Tão tristes, são lágrimas
Na inundação

Águas que movem moinhos
São as mesmas águas
Que encharcam o chão
E sempre voltam humildes
Pro fundo da terra
Terra! Planeta Água!”

Guilherme Arantes

RESUMO

Os reservatórios da Pequena Central Hidrelétrica de Rio Bonito e Usina Hidrelétrica Suíça, localizados na bacia do rio Santa Maria da Vitória, um dos principais mananciais de abastecimento da Grande Vitória, recebem o aporte de nutrientes provenientes de esgotos domésticos, cultivos agrícolas e granjas. No presente estudo objetivou-se analisar as condições dos reservatórios, quanto a aspectos relacionados com eutrofização, a partir de resultados de monitoramentos de qualidade de água realizados entre outubro de 2008 e julho de 2014 em pontos situados no interior dos reservatórios. A classificação das águas do reservatório, quanto ao estado trófico, foi realizada através dos modelos de Salas e Martino (1991) e OECD (1982) e dos Índices de Estado Trófico (IET) de Carlson (1977), Toledo (1984), Lamparelli (2004) e Cunha (2012). O Índice Morfoedáfico foi utilizado para estimativa das reduções de cargas de fósforo afluentes aos reservatórios para manutenção de condições mesotróficas. Os resultados de classificação do estado trófico dos reservatórios de Rio Bonito e Suíça, indicaram classes de ultraoligotrófica a hipereutrófica dependendo do modelo e IET utilizado, mesmo a partir de valores de parâmetros registrados em um mesmo ponto em uma mesma campanha. Os resultados qualitativos e quantitativos do IET de Cunha, para os reservatórios da PCH Rio Bonito e da UHE Suíça, se apresentaram mais próximos daqueles obtidos com IET de Lamparelli (modelo de referência adotado pela CETESB) do que os correspondentes aos demais modelos e IETs. Valores obtidos para o Índice Morfoedáfico indicam necessidade de redução de cargas de fósforo para manutenção de condições mesotróficas nos reservatórios. O fato do reservatório Suíça se localizar a jusante do reservatório Rio Bonito conduziu a classificação em graus e classes de trofia geralmente inferiores aos correspondentes este último, considerando mesmos modelos e parâmetros, provavelmente pelo fato deste último reservatório estar funcionando como uma espécie de sistema de tratamento precário, causando redução da carga poluidora que aflui ao reservatório a jusante. Conclui-se ainda significativa influência de sazonalidade e precipitações pluviométricas sobre as estimativas de classes de estado trófico.

Palavras-chave: eutrofização, índice de estado trófico, nutrientes, reservatórios.

ABSTRACT

Rio Bonito and Suíça hydropower plants reservoirs, located in Santa Maria da Vitoria river watershed, one of the main water supply sources for Great Vitória Metropolitan Region, Espírito Santo State, Brazil, receive the nutrient loads originated from sanitary sewage, agricultural fields and chicken farms. The study aimed to analyze reservoirs water quality and eutrophication aspects considering results from monitoring campaigns conducted between October 2008 and July 2014. Reservoirs trophic status classification was carried out through application of Salas and Martino (1991) and OECD (1982) models and Carlson (1977), Toledo (1984), Lamparelli (2004) and Cunha (2012) Trophic State Indexes (TSI) models. Morphoedaphic indexes were calculated to estimate reservoirs phosphorous loads reductions needed for the maintenance of mesotrophic conditions. The trophic classification results for Rio Bonito and Suíça reservoirs through the application of different models and TSIs indicated that the resulting classes may be very different even if obtained from parameter values recorded at the same point in the same campaign. The qualitative and quantitative results from the application of Cunha EIT were close to the Lamparelli than those obtained by using the others models and EITs. Values obtained by Morphoedaphic indexes estimation indicated the necessity of phosphorus loads reduction for maintaining mesotrophic conditions in the reservoirs. The fact that Suíça reservoir is located downstream of Rio Bonito reservoir led to its classification in degrees and trophic classes generally lower than those corresponding to the latter, considering same models and parameters, probably because the Rio Bonito reservoir is functioning as a kind of rough wastewater treatment plant, causing reduction of the pollution load flowing into the downstream reservoir. It was also concluded that there is significant influence of seasonality and rainfall on t trophic classes estimates.

Keywords: eutrophication, Trophic State Index, nutrients, reservoirs.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Distribuição da probabilidade de nível trófico de lagos de clima tropical baseados em fósforo total (SALAS e MARTINO, 1991)	49
Figura 2 - Bacia do Rio Santa Maria da Vitória	56
Figura 3 - Mapa com a localização dos pontos de monitoramento limnológico da PCH Rio Bonito	58
Figura 4 - Mapa com localização dos pontos de monitoramento limnológico da UHE Suíça	60
Figura 5- Vazões efluentes e precipitações pluviométricas mensais nos anos de 2008 a 2014 referentes ao reservatório Rio Bonito.	65
Figura 6 - Vazões afluentes e precipitações pluviométricas mensais nos anos de 2008 a 2014	71
Figura 7 - Concentrações de fósforo total nos pontos situados no interior do reservatório	76
Figura 8 - Concentrações de nitrogênio total nos pontos situados no interior do reservatório de Rio Bonito	78
Figura 9 - Concentrações de clorofila-a na superfície da coluna d'água, nos pontos situados no interior do reservatório de Rio Bonito	80
Figura 10 - Concentrações de oxigênio dissolvido no interior do reservatório de Rio Bonito	81
Figura 11 - Valores de transparência nos pontos situados no interior do reservatório de Rio Bonito	83
Figura 12 - Valores de turbidez nos pontos situados no interior do reservatório de Rio Bonito	85
Figura 13 - Valores de temperatura da água nos pontos localizados no interior do Reservatório de Rio Bonito	86
Figura 14 - Concentrações de Coliformes Termotolerantes no interior do reservatório de Rio Bonito	88
Figura 15 - Concentrações de fósforo total no ponto 2, situado no interior do reservatório Suíça	90
Figura 16 - Concentrações de nitrogênio total no ponto 2 situado no interior do reservatório Suíça	91
Figura 17 - Concentrações de clorofila-a na superfície da coluna d'água no ponto 2, situado no interior do reservatório de Suíça	93
Figura 18 - Concentrações de oxigênio dissolvido no ponto 2, situado no interior do reservatório Suíça	94
Figura 19 - Valores de transparência no ponto 2, situado no interior do reservatório Suíça	96

Figura 20 - Valores de turbidez no ponto 2, situado no interior do reservatório Suíça	97
Figura 21 - Valores de temperatura da água no ponto 2, situado no interior do reservatório Suíça	99
Figura 22 - Concentrações de Coliformes Termotolerantes no interior do reservatório Suíça	100
Figura 23 - Concentrações de fósforo total nos reservatórios de Rio Bonito e Suíça	101
Figura 24 - Concentrações de nitrogênio total nos reservatórios de Rio Bonito e Suíça	102
Figura 25 - Concentrações de clorofila-a nos reservatórios de Rio Bonito e Suíça.	103
Figura 26 - Concentrações de oxigênio dissolvido nos reservatórios de Rio Bonito e Suíça	104
Figura 27 - Valores de transparência nos reservatórios de Rio Bonito e Suíça	104
Figura 28 - Valores de turbidez nos reservatórios de Rio Bonito e Suíça	105
Figura 29 - Valores de temperatura nos reservatórios de Rio Bonito e Suíça	106
Figura 30 - Precipitações pluviométricas diárias (14/10/2008 a 28/10/2008)	192
Figura 31 - Precipitações pluviométricas diárias (23/11/2008 a 07/12/2008)	193
Figura 32 - Precipitações pluviométricas diárias (14/02/2009 a 28/02/2009)	194
Figura 33 - Precipitações pluviométricas diárias (21/03/2009 a 04/04/2009)	195
Figura 34 - Precipitações pluviométricas diárias (22/05/2009 a 05/06/2009)	196
Figura 35 - Precipitações pluviométricas diárias (24/07/2009 a 07/08/2009)	197
Figura 36 - Precipitações pluviométricas diárias (28/10/2010 a 11/11/2010)	198
Figura 37 - Precipitações pluviométricas diárias (08/02/2011 a 22/02/2011)	199
Figura 38 - Precipitações pluviométricas diárias (03/05/2011 a 17/05/2011)	200
Figura 39 - Precipitações pluviométricas diárias (09/08/2011 a 23/08/2011)	201
Figura 40 - Precipitações pluviométricas diárias (12/10/2011 a 26/10/2011)	202
Figura 41 - Precipitações pluviométricas diárias (14/02/2012 a 28/02/2012)	203
Figura 42 - Precipitações pluviométricas diárias (15/05/2012 a 29/05/2012)	204
Figura 43 - Precipitações pluviométricas diárias (07/08/2012 a 21/08/2012)	205
Figura 44 - Precipitações pluviométricas diárias (10/04/2013 a 24/04/2013)	206
Figura 45 - Precipitações pluviométricas diárias (21/06/2013 a 05/07/2013)	207
Figura 46 - Precipitações pluviométricas diárias (04/10/2013 a 18/10/2013)	208
Figura 47 - Precipitações pluviométricas diárias (01/01/2014 a 15/01/2014)	209
Figura 48 - Precipitações pluviométricas diárias (10/04/2014 a 24/04/2014)	210
Figura 49 - Precipitações pluviométricas diárias (20/06/2014 a 04/07/2014)	211
Figura 50 - Precipitações pluviométricas diárias (14/10/2008 a 28/10/2008)	212
Figura 51 - Precipitações pluviométricas diárias (23/11/2008 a 07/12/2008)	213
Figura 52 - Precipitações pluviométricas diárias (14/02/2009 a 28/02/2009)	214
Figura 53 - Precipitações pluviométricas diárias (22/03/2009 a 05/04/2009)	215
Figura 54 - Precipitações pluviométricas diárias (23/05/2009 a 06/06/2009)	216
Figura 55 - Precipitações pluviométricas diárias (24/07/2009 a 07/08/2009)	217
Figura 56 - Precipitações pluviométricas diárias (26/10/2010 a 09/11/2010)	218

Figura 57 - Precipitações pluviométricas diárias (08/02/2011 a 22/02/2011)	219
Figura 58 - Precipitações pluviométricas diárias (03/05/2011 a 17/05/2011)	220
Figura 59 - Precipitações pluviométricas diárias (09/08/2011 a 23/08/2011)	221
Figura 60 - Precipitações pluviométricas diárias (12/10/2011 a 26/10/2011)	222
Figura 61 - Precipitações pluviométricas diárias (13/02/2012 a 27/02/2012)	223
Figura 62 - Precipitações pluviométricas diárias (15/05/2012 a 29/05/2012)	224
Figura 63 - Precipitações pluviométricas diárias (10/08/2012 a 24/08/2012)	225
Figura 64 - Precipitações pluviométricas diárias (15/04/2013 a 29/04/2013)	226
Figura 65 - Precipitações pluviométricas diárias (21/06/2013 a 05/07/2013)	227
Figura 66 - Precipitações pluviométricas diárias (03/10/2013 a 17/10/2013)	228
Figura 67 - Precipitações pluviométricas diárias (17/01/2014 a 31/01/2014)	229
Figura 68 - Precipitações pluviométricas diárias (10/04/2014 a 24/04/2014)	230
Figura 69 - Precipitações pluviométricas diárias (19/06/2014 a 03/07/2014)	231

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Contribuições unitárias de fósforos típicas	37
Tabela 2 - Caracterização trófica de lagos e reservatórios	40
Tabela 3 - Classificação do IET de Carlson (1977)	43
Tabela 4 - Categorias tróficas segundo a OECD (1982 apud LAMPARELLI, 2004) ..	44
Tabela 5 - Categoria de estado trófico, segundo Toledo <i>et al.</i> (1984).....	46
Tabela 6 - Classificação segundo IET modificado por Lamparelli (2004) para reservatórios.....	51
Tabela 7 - Classificação segundo IET proposto por Cunha et al. (2013)	52
Tabela 8 - Localização dos pontos de coleta na PCH Rio Bonito (UTM) (SAD-69) ..	57
Tabela 9 - Pontos de monitoramento da EDP na UHE Suíça (UTM) (SAD-69)	59
Tabela 10 - Vazões mensais afluentes ao reservatório Rio Bonito e precipitações pluviométricas mensais nos anos de 2008 a 2014.....	63
Tabela 11 - Valores totais e médias anuais, máximas e mínimas mensais de precipitações pluviométricas no reservatório Rio Bonito entre 2008 a 2014.	66
Tabela 12 - Precipitações pluviométricas acumuladas nos dias das campanhas, em três dias, em sete e em quinze dias (continua)	66
Tabela 13 - Vazões médias anuais, máximas e mínimas mensais no reservatório de Rio Bonito.....	68
Tabela 14 - Vazões médias nos dias da campanha	68
Tabela 15 - Vazões mensais afluente ao Reservatório Suíça e precipitações pluviométricas mensais nos anos de 2008 a 2014 (continua)	69
Tabela 16 - Precipitações pluviométricas totais, médias mensais, máximos e mínimos no Reservatório Suíça	72
Tabela 17 - Precipitações pluviométricas acumuladas nos dias da campanha, em três dias, em sete dias e quinze dias	73
Tabela 18 - Vazões médias, máximas e mínimas mensais no reservatório Suíça (continua)	73
Tabela 19 - Vazões médias nos dias das campanhas	74
Tabela 20 - Valores de fósforo total observados nos pontos situados no interior do reservatório de Rio Bonito	75
Tabela 21 - Valores de nitrogênio total nos pontos situados no interior do reservatório de Rio Bonito	77
Tabela 22 - Valores de clorofila-a na superfície da coluna d'água nos pontos no interior do reservatório de Rio Bonito	79
Tabela 23 - Valores de oxigênio dissolvido no interior do reservatório de Rio Bonito	81

Tabela 24 - Valores de transparência em pontos situados no interior do reservatório de Rio Bonito.....	83
Tabela 25 - Valores de turbidez nos pontos situados no interior do reservatório de Rio Bonito.....	84
Tabela 26 - Valores de temperatura da água nos pontos localizados no interior do reservatório de Rio Bonito (continua)	85
Tabela 27 – Concentrações de Coliformes Termotolerantes no interior do reservatório de Rio Bonito	87
Tabela 28 - Valores de fósforo total no ponto 2, situado no interior do reservatório Suíça	89
Tabela 29 - Concentrações de nitrogênio total no interior do reservatório Suíça	90
Tabela 30 - Concentrações de clorofila-a na superfície da coluna d'água no interior do reservatório de Suíça	92
Tabela 31 - Concentrações de oxigênio dissolvido no ponto 2, situado no interior do reservatório Suíça	93
Tabela 32 - Valores de transparência no ponto 2, situado no interior do reservatório Suíça (continua)	95
Tabela 33 - Valores de turbidez no ponto 2, situado no interior do reservatório Suíça	96
Tabela 34 - Valores de temperatura da água no ponto 2, situado no interior do reservatório Suíça (continua)	98
Tabela 35 - Valores de Coliformes Termotolerantes no interior do reservatório Suíça	99
Tabela 36 - Nutriente Limitante no reservatório de Rio Bonito	107
Tabela 37 - Nutriente limitante para as médias dos parâmetros em cada campanha no reservatório Rio Bonito (continua)	107
Tabela 38 - Nutriente Limitante no reservatório Suíça (continua)	108
Tabela 39 - Classificação do estado trófico do reservatório de Rio Bonito, segundo o IET Carlson (1977), no ponto 2	110
Tabela 40 – Número e percentagem de campanhas de acordo com a classificação do estado trófico no ponto 2, situado no interior do reservatório de Rio Bonito	111
Tabela 41 - Classificação do reservatório de Rio Bonito de acordo com o IET Carlson (1977) no ponto 7 (continua)	111
Tabela 42 – Número e percentagem de campanhas resultando em diferentes classes do estado trófico no ponto 7 situado no interior do reservatório de Rio Bonito	112
Tabela 43 - Classificação de estado trófico do reservatório de Rio Bonito de acordo com o IET de Carlson (1977), considerando a média dos parâmetros por campanha, anual e geral.....	113
Tabela 44 – Número e percentagem de campanhas resultando em diferentes classes do estado trófico do reservatório de Rio Bonito, considerando os resultados das médias dos parâmetros, segundo o IET Carlson (1977)	114

Tabela 45 - Classificação do estado trófico do reservatório de Rio Bonito, considerando médias anuais e média geral dos valores dos parâmetros considerados	115
Tabela 46 – Classificação de estado trófico, segundo OECD (1982 apud LAMPARELLI, 2004) (continua)	115
Tabela 47 – Número e percentagem de campanhas, para as quais o estado trófico foi classificado segundo OECD (1982) nos pontos 2 e 7	116
Tabela 48 – Estados tróficos estimados para o reservatório de Rio Bonito considerando as médias dos valores de parâmetros monitorados nos pontos 2 e 7 por campanha (continua)	117
Tabela 49 – Número e percentagem de campanhas, para as quais o estado trófico foi classificado como ultraoligotrófico, oligotrófico, mesotrófico, eutrófico e hipereutrófico segundo OECD (1982), considerando as médias dos valores de parâmetros observados nos pontos 2 e 7 por campanha	118
Tabela 50 - Classificação do estado trófico do reservatório de Rio Bonito pelo modelo OECD (1982), considerando médias anuais e média geral dos valores dos parâmetros observados.....	119
Tabela 51 - Classificação do estado trófico do reservatório de Rio Bonito de acordo com o IET desenvolvido por Toledo (1984), considerando os monitoramentos realizados no ponto 2	120
Tabela 52- Número e percentagem de campanhas correspondentes a diferentes classes de estado trófico segundo IET de Carlson modificado por Toledo (1984), considerando resultados de monitoramentos no ponto 2.....	120
Tabela 53 - Classificação do estado trófico do reservatório de Rio Bonito, no ponto 7, segundo o IET desenvolvido por Toledo (1984) (continua)	121
Tabela 54 - Número e percentagem de campanhas resultando em diferentes classes do estado trófico no ponto 7, segundo IET de Carlson modificado por Toledo (1984)	122
Tabela 55 - Classificação de estado trófico do reservatório de Rio Bonito, de acordo com o IET de Carlson modificado por Toledo (1984), considerando a média dos parâmetros por campanha	123
Tabela 56 - Número e percentagem de campanhas resultando em diferentes classes do estado trófico, considerando as médias dos parâmetros, segundo o IET de Carlson modificado por Toledo (1984)	124
Tabela 57 - Classificação do estado trófico do reservatório de Rio Bonito pelo IET de Carlson modificado por Toledo (1984), considerando médias anuais e média geral dos valores dos parâmetros observados (continua).....	124
Tabela 58 - Tempo de detenção (anos) PCH Rio Bonito	126
Tabela 59 - Tempo de detenção na PCH Rio Bonito considerando médias anuais	126
Tabela 60 - Cargas de fósforo total estimadas a partir do monitoramento no Ponto 1 e classificação de estado trófico de acordo com o modelo de Salas e Martino (1991) para o reservatório de Rio Bonito	127

Tabela 61 - Número e percentagem de campanhas para as quais o estado trófico foi classificado como oligotrófico, mesotrófico e eutrófico no reservatório de Rio Bonito, segundo modelo Salas e Martino (1991).....	127
Tabela 62 - Cargas de fósforo anuais e gerais estimadas a partir do monitoramento no ponto 1 e classificação de estado trófico de acordo com o modelo de Salas e Martino (1991) para o reservatório de Rio Bonito.....	128
Tabela 63 – Distribuição de probabilidade do estado trófico nos pontos 2 e 7, situados no interior do reservatório de Rio Bonito.....	129
Tabela 64 - Número e percentagem de campanhas, para as quais o estado trófico foi classificado segundo curva de distribuição probabilística de Salas e Martino (1991) nos pontos 2 e 7.....	130
Tabela 65 - Estados tróficos estimados para o reservatório de Rio Bonito considerando as médias dos valores de parâmetros monitorados nos pontos 2 e 7, por campanha, segundo curva de Salas e Martino (1991) (continua).....	130
Tabela 66 - Número e percentagem de campanhas, para as quais o estado trófico foi classificado como ultraoligotrófico, oligotrófico, mesotrófico, eutrófico e hipereutrófico segundo a curva probabilística de Salas e Martino (1991), considerando as médias dos valores de parâmetros observados nos pontos 2 e 7, por campanha.....	132
Tabela 67 - Classificação do estado trófico do reservatório de Rio Bonito pela curva probabilística de Salas e Martino, considerando médias anuais e geral dos valores dos parâmetros observados.....	132
Tabela 68 - Classificação de estado trófico para os pontos 2 e 7, situados no reservatório de Rio Bonito, segundo IET Lamparelli (2004).....	133
Tabela 69 - Número e percentagem de campanhas, para as quais o estado trófico foi classificado segundo IET Lamparelli (2004) nos pontos 2 e 7.....	134
Tabela 70 – Classificação de estado trófico do reservatório de Rio Bonito, de acordo com o IET Lamparelli (2004), considerando médias dos valores de parâmetros monitorados nos pontos 2 e 7, por campanha.....	135
Tabela 71 -Número e percentagem de campanhas para as quais o estado trófico foi classificado segundo IET de Lamparelli (2004), considerando as médias dos parâmetros observados nos pontos 2 e 7.....	136
Tabela 72 - Classificação de estado trófico do reservatório Rio Bonito pelo IET de Lamparelli (2004), considerando médias anuais e média geral dos valores dos parâmetros observados.....	137
Tabela 73 - Classificação segundo IET proposto por Cunha et al. (2013) para o reservatório de Rio Bonito.....	138
Tabela 74 - Número e percentagem de campanhas para os quais os estados tróficos foram classificados segundo o IET de Cunha et al. (2013), considerando os valores de parâmetros observados nos pontos 2 e 7.....	139
Tabela 75 - Classificação do estado trófico segundo o IET de Cunha et al. (2013) para o Reservatório de Rio Bonito, considerando médias geométricas dos parâmetros observados nos pontos 2 e 7, por campanha (continua).....	139

Tabela 76 - Número e percentagem de campanhas de acordo com a classificação do estado trófico foi classificado segundo IET de Cunha et al. (2013), considerando as médias dos parâmetros observados nos pontos 2 e 7.	140
Tabela 77 - Classificação de estado trófico do reservatório Rio Bonito segundo o IET de Cunha et al. (2013), considerando médias anuais dos valores dos parâmetros considerados.....	141
Tabela 78 – Resultados das classificações de estado trófico do reservatório de Rio Bonito a partir dos resultados de monitoramentos no ponto 2	143
Tabela 79 - Resultados das classificações de estado trófico do reservatório de Rio Bonito a partir dos resultados de monitoramentos no ponto 7	144
Tabela 80 - Resultados das classificações de estado trófico do reservatório de Rio Bonito a partir das médias dos valores de parâmetros observados nos pontos 2 e 7	145
Tabela 81 – Número e percentagem de campanhas correspondentes a diferentes classes de estado trófico para o reservatório de Rio Bonito, considerando valores de parâmetros observados no ponto 2, segundo os diferentes modelos	146
Tabela 82 - Número e percentagem de campanhas correspondentes a diferentes classes de estado trófico para o reservatório de Rio Bonito, considerando valores de parâmetros observados no ponto 7, segundo os diferentes modelos	146
Tabela 83 - Número e percentagem de campanhas correspondentes a diferentes classes de estado trófico para o reservatório de Rio Bonito, considerando as médias dos valores de parâmetros observados nos pontos 2 e 7, segundo os diferentes modelos.....	147
Tabela 84 - Coeficiente de correlação de Pearson IETm de Cunha (2012) com outros IETm's para dados mensais e anuais nos pontos 2 e 7 e a média dos parâmetros observados nos dois pontos no reservatório de Rio Bonito (continua).....	149
Tabela 85 - Diferença percentual entre os resultados do IET médio de Cunha (2012) e os IETs de Carlson (1997), Toledo (1984) e Lamparelli (2004) no reservatório de Rio Bonito (continua).....	150
Tabela 86 - Classificação do estado trófico do reservatório Suíça de acordo com o IET de Carlson (1977) (continua)	151
Tabela 87 - Número e percentagem de campanhas resultando em diferentes classes do estado trófico no ponto 2, situado no interior do reservatório Suíça, segundo IET de Carlson (1977).....	152
Tabela 88 - Classificação do estado trófico do reservatório Suíça de acordo com o IET de Carlson (1977), considerando médias anuais e média geral dos valores dos parâmetros observados.....	153
Tabela 89 – Classificações de estado trófico do reservatório Suíça, segundo OECD (1982 apud LAMPARELLI, 2004)	154
Tabela 90 - Número e percentagem de campanhas, para as quais o estado trófico foi classificado segundo OECD (1982) no ponto 2, situado no interior do reservatório Suíça	154

Tabela 91 - Classificação do estado trófico do reservatório Suíça pelo modelo OECD (1982), considerando médias anuais e média geral dos valores dos parâmetros observados.....	155
Tabela 92 - Classificação do estado trófico do reservatório Suíça de acordo com o IET desenvolvido por Toledo (1984), considerando os monitoramentos realizados no ponto 2	156
Tabela 93 - Número e percentagem de campanhas correspondentes a diferentes classes de estado trófico segundo IET de Carlson modificado por Toledo (1984), considerando resultados de monitoramentos no ponto 2, situado no reservatório Suíça	157
Tabela 94 - Classificação segundo IET Toledo para as médias anuais e geral do reservatório Suíça	157
Tabela 95 - Tempo de detenção (anos) UHE Suíça.....	158
Tabela 96 - Tempo de detenção na UHE Suíça considerando médias anuais e geral	159
Tabela 97 - Cargas de fósforo total estimadas a partir do monitoramento no Ponto 1 e classificação de estado trófico de acordo com o modelo de Salas e Martino (1991) para o reservatório da UHE Suíça.....	159
Tabela 98 - Número e percentagem de campanhas para quais o estado trófico foi classificado como oligotrófico, mesotrófico e eutrófico no reservatório Suíça, segundo Salas e Martino (1991)	160
Tabela 99 - Cargas de fósforo anuais e gerais estimadas a partir do monitoramento no ponto 1 e classificação de estado trófico de acordo com o modelo de Salas e Martino (1991) para o reservatório Suíça	160
Tabela 100 - Distribuição de probabilidade do estado trófico no ponto 2, situado no interior do reservatório Suíça	161
Tabela 101 - Número e percentagem de campanhas, para as quais o estado trófico foi classificado segundo curva de distribuição probabilística de Salas e Martino (1991) no ponto 2, situado no reservatório Suíça.....	162
Tabela 102 - Classificação do estado trófico do reservatório Suíça pela curva probabilística de Salas e Martino, considerando médias anuais e geral dos valores dos parâmetros observados	162
Tabela 103 - Classificação do estado trófico do reservatório Suíça de acordo com o IET de Lamparelli (2004), considerando os monitoramentos realizados no ponto 2	163
Tabela 104 - Número e percentagem de campanhas correspondentes a diferentes classes de estado trófico segundo IET de Lamparelli (2004), considerando resultados de monitoramentos no ponto 2 do reservatório Suíça	164
Tabela 105 - Classificação do estado trófico de reservatório Suíça segundo IET Lamparelli (2004), considerando as médias anuais e gerais dos parâmetros considerados (continua)	165
Tabela 106 - Classificação do estado trófico segundo IET de Cunha et al. (2013) no ponto 2, situado no reservatório Suíça.....	165

Tabela 107 - Número e percentagem de campanhas resultando em diferentes classes do estado trófico no reservatório Suíça segundo IET Cunha et al. (2013) .	166
Tabela 108 - Classificação do estado trófico do reservatório Suíça segundo o IET proposto por Cunha et al. (2013), considerando médias geométricas anuais e geral dos valores dos parâmetros considerados	167
Tabela 109 - Resultados das classificações de estado trófico do reservatório Suíça a partir dos resultados de monitoramentos no ponto 2	169
Tabela 110 - Número e percentagem de campanhas correspondentes a diferentes classes de estado trófico para o reservatório Suíça, considerando valores de parâmetros observados no ponto 2, segundo os diferentes modelos	170
Tabela 111 - Coeficiente de correlação de Pearson a partir da relação entre IETm de Cunha (2012) e os outros IETm's, considerando dados mensais e anuais no ponto 2 do reservatório Suíça	172
Tabela 112 -Diferença percentual dos resultados do IETm Cunha (2012) com Carlson (1997), Toledo (1984) e Lamparelli (2004) no reservatório Suíça.....	172
Tabela 113 - Estimativas de porcentagens de redução de aporte de fósforo aos reservatórios de Rio Bonito e Suíça (continua)	173
Tabela 114 - Precipitações pluviométricas (mm) a montante do Reservatório Rio Bonito nos dias 14/10/2008 a 28/10/2008, dia da coleta de amostras	191
Tabela 115 - Precipitações pluviométricas (mm) a montante do Reservatório Rio Bonito nos dias 23/11/2008 a 07/12/2008, dia da coleta de amostras	192
Tabela 116 - Precipitações pluviométricas (mm) a montante do Reservatório Rio Bonito nos dias 14/02/2009 a 28/02/2009, dia da coleta de amostras	193
Tabela 117 - Precipitações pluviométricas (mm) a montante do Reservatório Rio Bonito nos dias 21/03/2009 a 04/04/2009, dia da coleta de amostras	194
Tabela 118 - Precipitações pluviométricas (mm) a montante do Reservatório Rio Bonito nos dias 22/05/2009 a 05/06/2009, dia da coleta de amostras	195
Tabela 119 - Precipitações pluviométricas (mm) a montante do Reservatório Rio Bonito nos dias 24/07/2009 a 07/08/2009, dia da coleta de amostras	196
Tabela 120 - Precipitações pluviométricas (mm) a montante do Reservatório Rio Bonito nos dias 28/10/2010 a 11/11/2010, dia da coleta de amostras	197
Tabela 121 - Precipitações pluviométricas (mm) a montante do Reservatório Rio Bonito nos dias 08/02/2011 a 22/02/2011, dia da coleta de amostras	198
Tabela 122 - Precipitações pluviométricas (mm) a montante do Reservatório Rio Bonito nos dias 03/05/2011 a 17/05/2011, dia da coleta de amostras	199
Tabela 123 - Precipitações pluviométricas (mm) a montante do Reservatório Rio Bonito nos dias 09/08/2011 a 23/11/2011, dia da coleta de amostras	200
Tabela 124 - Precipitações pluviométricas (mm) a montante do Reservatório Rio Bonito nos dias 12/10/2011 a 26/10/2011, dia da coleta de amostras	201
Tabela 125 - Precipitações pluviométricas (mm) a montante do Reservatório Rio Bonito nos dias 14/02/2012 a 28/02/2012, dia da coleta de amostras	202
Tabela 126 - Precipitações pluviométricas (mm) a montante do Reservatório Rio Bonito nos dias 15/05/2012 a 29/05/2012, dia da coleta de amostras	203

Tabela 127 - Precipitações pluviométricas (mm) a montante do Reservatório Rio Bonito nos dias 07/08/2012 a 21/08/2012, dia da coleta de amostras	204
Tabela 128 - Precipitações pluviométricas (mm) a montante do Reservatório Rio Bonito nos dias 10/04/2013 a 24/04/2013, dia da coleta de amostras	205
Tabela 129 - Precipitações pluviométricas (mm) a montante do Reservatório Rio Bonito nos dias 21/06/2013 a 05/07/2013, dia da coleta de amostras	206
Tabela 130 - Precipitações pluviométricas (mm) a montante do Reservatório Rio Bonito nos dias 04/10/2013 a 18/10/2013, dia da coleta de amostras	207
Tabela 131 - Precipitações pluviométricas (mm) a montante do Reservatório Rio Bonito nos dias 01/01/2014 a 15/01/2014, dia da coleta de amostras	208
Tabela 132 - Precipitações pluviométricas (mm) a montante do Reservatório Rio Bonito nos dias 10/04/2014 a 24/04/2014, dia da coleta de amostras	209
Tabela 133 - Precipitações pluviométricas (mm) a montante do Reservatório Rio Bonito nos dias 20/06/2014 a 04/07/2014, dia da coleta de amostras	210
Tabela 134 - Precipitações pluviométricas (mm) a montante do Reservatório Suíça nos dias 14/10/2008 a 28/10/2008, dia da coleta de amostras	211
Tabela 135 - Precipitações pluviométricas (mm) a montante do Reservatório Suíça nos dias 23/11/2008 a 07/12/2008, dia da coleta de amostras	212
Tabela 136 - Precipitações pluviométricas (mm) a montante do Reservatório Suíça nos dias 14/02/2009 a 28/02/2009, dia da coleta de amostras	213
Tabela 137 - Precipitações pluviométricas (mm) a montante do Reservatório Suíça nos dias 22/03/2009 a 05/04/2009, dia da coleta de amostras	214
Tabela 138 - Precipitações pluviométricas (mm) a montante do Reservatório Suíça nos dias 23/05/2009 a 06/06/2009, dia da coleta de amostras	215
Tabela 139 - Precipitações pluviométricas (mm) a montante do Reservatório Suíça nos dias 24/07/2009 a 07/08/2009, dia da coleta de amostras	216
Tabela 140 - Precipitações pluviométricas (mm) a montante do Reservatório Suíça nos dias 26/10/2010 a 09/11/2010, dia da coleta de amostras	217
Tabela 141 - Precipitações pluviométricas (mm) a montante do Reservatório Suíça nos dias 08/02/2011 a 22/02/2011, dia da coleta de amostras	218
Tabela 142 - Precipitações pluviométricas (mm) a montante do Reservatório Suíça nos dias 03/05/2011 a 17/05/2011, dia da coleta de amostras	219
Tabela 143 - Precipitações pluviométricas (mm) a montante do Reservatório Suíça nos dias 09/08/2011 a 23/08/2011, dia da coleta de amostras	220
Tabela 144 - Precipitações pluviométricas (mm) a montante do Reservatório Suíça nos dias 12/10/2011 a 26/10/2011, dia da coleta de amostras	221
Tabela 145 - Precipitações pluviométricas (mm) a montante do Reservatório Suíça nos dias 13/02/2012 a 27/02/2012, dia da coleta de amostras	222
Tabela 146 - Precipitações pluviométricas (mm) a montante do Reservatório Suíça nos dias 15/05/2012 a 29/05/2012, dia da coleta de amostras	223
Tabela 147 - Precipitações pluviométricas (mm) a montante do Reservatório Suíça nos dias 10/08/2012 a 24/08/2012, dia da coleta de amostras	224

Tabela 148 - Precipitações pluviométricas (mm) a montante do Reservatório Suíça nos dias 15/04/2013 a 29/04/2013, dia da coleta de amostras	225
Tabela 149 - Precipitações pluviométricas (mm) a montante do Reservatório Suíça nos dias 21/06/2013 a 05/07/2013, dia da coleta de amostras	226
Tabela 150 - Precipitações pluviométricas (mm) a montante do Reservatório Suíça nos dias 03/10/2013 a 17/10/2013, dia da coleta de amostras	227
Tabela 151 - Precipitações pluviométricas (mm) a montante do Reservatório Suíça nos dias 17/01/2014 a 31/01/2014, dia da coleta de amostras	228
Tabela 152 - Precipitações pluviométricas (mm) a montante do Reservatório Suíça nos dias 10/04/2014 a 24/04/2014, dia da coleta de amostras	229
Tabela 153 - Precipitações pluviométricas (mm) a montante do Reservatório Suíça nos dias 19/06/2014 a 03/07/2014, dia da coleta de amostras	230
Tabela 154 - Estimativas de percentagens de redução do aporte por campanha e média geral de fósforo ao reservatório de Rio Bonito	232
Tabela 155 - Estimativas de percentagens de redução por campanha e média geral do aporte de fósforo ao reservatório Suíça	233

LISTA DE SIGLAS

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

EDP – Energias de Portugal

IET – Índice de Estado Trófico

IQA – Índice de Qualidade de Água

MEI – Índice Morfoedáfico

OECD – Organization for Economic Cooperation and Development

PCH – Pequena Central Hidrelétrica

SAD – South American Datum

UHE – Usina Hidrelétrica

UTM – Universal Transverse Mercator

UO – Ultraoligotrófico

O – Oligotrófico

M – Mesotrófico

E – Eutrófico

HE – Hipereutrófico

SE – Supereutrófico

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	25
1.1. Aspectos Gerais	25
1.2. Justificativa	27
1.3. Objetivos	27
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	29
2.1. Reservatórios	29
2.2. Eutrofização	31
2.3. Nutriente Limitante	35
2.3.1. Fósforo	37
2.4. Avaliação do estado trófico	39
2.5. Modelagem matemática	40
2.5.1. Modelos para clima temperado	41
2.5.2. Modelos para clima tropical-subtropical	45
2.6. Índice Morfoedáfico	54
3. ÁREA DE ESTUDO	54
4. MATERIAIS E MÉTODOS	57
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	62
5.1. Vazão e Pluviometria	62
5.1.1. Reservatório da Pequena Central Hidrelétrica Rio Bonito	63
5.1.2. Reservatório da Usina Hidrelétrica Suíça	69
5.2. Variáveis Limnológicas	75
5.2.1. Pontos Monitorados no Reservatório Rio Bonito	75
5.2.2. Pontos Monitorados no Reservatório Suíça	88
5.2.3. Síntese de resultados relativos aos monitoramentos de variáveis limnológicas dos reservatórios de Rio Bonito e Suíça	101
5.3. Nutriente Limitante	106
5.4. Modelos Matemáticos	109
5.4.1. Reservatório da PCH Rio Bonito	109
5.4.2. Reservatório da UHE Suíça	151

5.5. Índice Morfoedáfico – MEI	173
6. CONCLUSÕES	175
7. RECOMENDAÇÕES	177
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	178
APÊNDICE I.....	191
APÊNDICE II.....	232

1. INTRODUÇÃO

1.1. Aspectos Gerais

O represamento tem sido uma das principais interferências humanas em ecossistemas naturais nos últimos 5.000 anos. Os principais efeitos da construção de barragens são: controle de inundações, irrigação, abastecimento de água e geração de energia elétrica para a população (GUBIANI, 2012).

Um dos fenômenos que se desenvolve nos reservatórios, e que é determinante na sua qualidade de água, é a eutrofização, sendo sua formação decorrente de um processo natural que ocorre em lagos e reservatórios, ou através da presença de intervenção humana, pelo aumento da quantidade de nutrientes no corpo hídrico, provocando crescimento exagerado de organismos aquáticos autotróficos (algas planctônicas e ervas aquáticas) (ARAUJO, 2013).

A eutrofização pode acarretar deterioração dos ecossistemas aquáticos e seu controle implica no emprego de diferentes técnicas de manejo e recuperação que devem ser aplicados tanto na totalidade da bacia hidrográfica quanto no reservatório que se deseja recuperar. Geralmente a recuperação do ambiente aquático é obtida lentamente, sendo necessário acompanhamento contínuo do ambiente, o que demanda custos elevados (GOMES, 2008).

Visando melhor compreensão dos processos de modificação ou degradação ambiental de mananciais, pesquisadores estudam variáveis limnológicas, como cor, turbidez, oxigênio dissolvido, pH, cloreto, nitrato e fósforo total nos corpos d'água. Estas variáveis podem fornecer diagnóstico de suas condições ecológicas, assim, como auxiliar no entendimento da dinâmica das comunidades e levantar questões relevantes quanto aos mecanismos de respostas do sistema aos estímulos internos e externos, naturais ou antrópicos (TRINDADE, 2011).

A implementação de estudos de avaliação trófica em sistemas aquáticos tem como relevância a detecção e predição dos processos de eutrofização e busca de

propostas de soluções que viabilizem o aumento da vida útil desses ecossistemas (TUNDISI, 2003).

Existem vários métodos e índices para avaliação do estado trófico de lagos e reservatórios (CARLSON, 1977; TOLEDO, 1984; BREZONIK, 1984; LAMPARELLI, 2004). Porém, alguns foram desenvolvidos para ambientes de clima temperado (VOLLENWEIDER, 1976; CARLSON, 1977; OECD, 1982).

Aplicações de modelos desenvolvidos para regiões de clima temperado em corpos d'água localizados em regiões tropicais devem ser feitas com cautela, pois o metabolismo dos ecossistemas aquáticos pode variar com a temperatura.

Cunha (2012) propôs um novo índice para avaliação do estado trófico em reservatórios tropicais/subtropicais, utilizando dados de dezoito reservatórios, situados em São Paulo, os quais foram monitorados bimestralmente de 1996 a 2009. Seu modelo foi aplicado ao reservatório de Itupararanga, São Paulo, no qual se demonstrou eficiente, considerando-se comparação com de outros modelos.

A Pequena Central Hidrelétrica (PCH) Rio Bonito e a Usina Hidrelétrica (UHE) Suíça estão localizadas na bacia do rio Santa Maria da Vitória, um dos principais mananciais de abastecimento de água da Região Metropolitana da Grande Vitória/ES. Os reservatórios destas hidrelétricas recebem esgotos domésticos e efluentes de áreas agrícolas e granjas. Desta forma, recebem cargas de nutrientes que podem contribuir para o processo de eutrofização. Registra-se que a empresa EDP monitora estes dois ambientes aquáticos (EDP, 2014a; EDP, 2014b).

A empresa EDP tem desenvolvido, ao longo dos anos, monitoramentos qualitativos de recursos hídricos nestes dois reservatórios, que incluem análises de diversos parâmetros relacionados com o processo de eutrofização, com objetivo de propiciar ao órgão ambiental competente subsídios para planejamento, controle e manejo das bacias de contribuição dos reservatórios (EDP, 2014a).

Considerando a existência de diferentes modelos para classificação de níveis tróficos, inclusive alguns desenvolvidos recentemente (CUNHA, 2012), é plenamente justificável a pesquisa proposta, que visa aprofundamento do conhecimento a respeito de eutrofização e estados de trofia e proposição de medidas para controle

deste fenômeno em reservatórios localizados em regiões de clima tropical, como os das hidrelétricas de Rio Bonito e Suíça.

1.2. Justificativa

A eutrofização tem provocado deterioração dos ecossistemas aquáticos e produzido impactos ecológicos, econômicos, sociais e na saúde pública. Seus principais efeitos nos corpos hídricos são: anaerobiose, mortandade da fauna, toxicidade de algas, dificuldade e altos custos para o tratamento da água e redução da navegação e da capacidade de transporte (VON SPERLING, 2005).

Perante o aumento na demanda por água, devido ao crescimento demográfico, a qualidade do corpo hídrico é de fundamental importância para a saúde e o desenvolvimento de qualquer comunidade. Logo, torna-se de grande importância o acompanhamento de variáveis limnológicas e estado trófico dos cursos d'água, para que se possa planejar e implementar medidas que evitem maiores prejuízos ao abastecimento de água para a população e o meio ambiente.

1.3. Objetivos

Geral

Aprofundamento do conhecimento a respeito de qualidade de água e classificação de estado trófico de reservatórios através da análise de parâmetros e aplicação de modelos matemáticos e índices de estado tróficos relacionados com eutrofização.

Específicos

Análise e comparação da classificação dos reservatórios de Rio Bonito e Suíça quanto ao estado trófico, utilizando os modelos Carlson (1977), Curva de Distribuição Probabilística de Estado Trófico (SALAS e MARTINO, 1991), e IETs de Carlson modificado por Toledo (1984), Lamparelli (2004) e Cunha (2012).

Análise da influência das precipitações pluviométricas sobre parâmetros de qualidade e classificação de estado trófico dos reservatórios.

Estimativas de reduções de cargas de fósforo necessárias para manutenção de condições mesotróficas nos reservatórios por meio do Índice Morfoedáfico.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Reservatórios

Reservatórios são obras de engenharia cuja finalidade está relacionada ao controle de cheias, irrigação e suprimento de água para abastecimento doméstico, sendo considerados ambientes lênticos em função da reduzida velocidade do fluxo de água (AGOSTINHO et al., 2007).

A construção de uma barragem pode desencadear uma série de processos biogeoquímicos, modificando as características do ambiente aquático, destacando-se a instabilidade física e química e a alteração das comunidades biológicas, a montante, e a atenuação dos pulsos hidrológicos a jusante, com reflexos sobre o curso d'água e águas ribeirinhas (DE FILLIPPO et al., 2007)

No semiárido brasileiro a construção de reservatórios foi vital para ocupação e desenvolvimento de atividades econômicas na região, pois aumentou a resistência do homem à seca, através do suprimento de água para abastecimento humano, dessedentação de animais, produção agrícola irrigada e desenvolvimento da piscicultura (FREITAS et al., 2011).

Nos primeiros anos após a construção de um reservatório, uma alta concentração de nutrientes pode ser encontrada na coluna de água, afetando sua qualidade, como resultado da decomposição da matéria orgânica inundada. No decorrer do tempo, as concentrações de nutrientes na coluna de água tendem a diminuir, devido à absorção de nutrientes nos sedimentos de fundo, precipitação, floculação e descargas da barragem. A partir desse ponto, a qualidade da água é regulada por variações naturais do ciclo hidrológico que caracterizam a bacia (RANGEL-PERAZA et al., 2009).

Os reservatórios construídos em rios são considerados como transição entre rios e lagos, pois apresentam características hidráulicas de ambos ambientes, lótico e lêntico. Nas proximidades do barramento, se tornam mais parecidos com os lagos e

sujeitos à mesma ação dos ventos, correntes de densidade e estratificação (ESTEVES, 1998).

A estratificação de um reservatório é resultado de vários processos físicos. Na maioria dos casos o efeito da temperatura sobre a coluna d'água gera camadas no reservatório com diferentes densidades, formando barreira física, impedindo que se misturem.

Segundo Von Sperling (2009), na estratificação a coluna d'água em reservatórios distingue-se, geralmente, em três camadas:

- Epilímnio: camada de água superior menos densa; mais quente que as outras camadas, com circulação por apresentar alguma turbulência.
- Metalímnio: camada de transição, situada entre o epilímnio e hipolímnio. Nessa camada, localiza-se a termoclina caracterizada por ser uma região com descontinuidade térmica e que constitui uma barreira física entre os estratos sobrejacentes e adjacentes.
- Hipolímnio: camada inferior, mais densa, de menor temperatura e com maior estagnação.

As condições meteorológicas podem determinar a ocorrência de estratificação ou mistura, em um determinado intervalo de tempo. Em regiões de clima tropical-subtropical, os reservatórios rasos têm sido caracterizados por exibirem elevadas temperaturas na superfície e baixo valor de estabilidade devido às pequenas diferenças entre a temperatura da superfície e do fundo (LAMPARELLI, 2004).

Em um reservatório profundo, normalmente, durante o verão e a primavera, a água superficial é aquecida, o que pode desenvolver estratificação. No entanto, com as variações no fluxo de calor na superfície da água ou pela ação dos ventos a estabilidade do corpo de água estratificado pode ser modificada (ALCÂNTARA, 2011).

Segundo Lamparelli (2004), ambientes eutrofizados que estratificam no verão podem apresentar condições anóxicas nas camadas mais profundas, propiciando assim a liberação do fósforo encontrado nos sedimentos. A avaliação do papel desta

carga interna é utilizada em projetos de manejo e recuperação de ambientes eutrofizados, pois o controle das cargas externas pode não ser suficiente para controlar florações de algas.

No inverno, com o resfriamento da camada superficial do reservatório, há uma certa homogeneização na temperatura ao longo de toda a profundidade. A camada superior, subitamente resfriada, tende a ir para o fundo do reservatório, deslocando a camada inferior, e causando um completo revolvimento. A este fenômeno dá-se o nome de inversão térmica. Em reservatórios que apresentam uma maior concentração de compostos reduzidos no hipolímnio, a reintrodução destes na massa d'água de todo o reservatório pode causar uma grande deterioração na qualidade da água (VON SPERLING, 2005).

A água presente em reservatórios também é sujeita, muitas vezes, a um tempo de residência longo, permitindo que algumas relações, tanto do ponto de vista químico, como biológico, ocorram. Estas reações, associadas com alguns lançamentos de efluentes, provenientes de zonas urbanas, áreas industriais e zonas rurais, acabam por acelerar o processo de envelhecimento dos reservatórios, conhecido como “processo de Eutrofização”, que depende, fundamentalmente, da disponibilidade de nutrientes no interior dos reservatórios (SOUZA et al., 2007).

Rodrigues et al. (2012) analisaram o comportamento do reservatório Dona Francisca, localizado no Rio Grande do Sul. As variáveis limnológicas estudadas foram: oxigênio dissolvido, temperatura, pH e condutividade elétrica. Notou-se que o comportamento do reservatório é semelhante aos outros previamente estudados no país, porém com menor estratificação, possivelmente devido ao tempo de residência pequeno, e à latitude, com período do verão curto.

2.2. Eutrofização

O fenômeno de eutrofização ocorre, normalmente, em lagos e represas, podendo ocorrer também em rios, embora seja menos frequente, devido às condições

ambientais serem mais desfavoráveis para o crescimento de algas e outras plantas, como turbidez e velocidades elevadas (VON SPERLING, 2005).

Batista et al. (2014) relataram que a eutrofização pode ser definida como o aumento da fertilidade dos ambientes aquáticos provocado pela entrada excessiva de nutrientes, principalmente fósforo e nitrogênio, nos corpos hídricos, levando ao crescimento acelerado de organismos aquáticos autotróficos (fitoplâncton e macrófitas), sendo esta uma das principais características deste fenômeno.

O processo de eutrofização pode ser natural ou artificial. Em condição natural, sem que haja interferência de atividades antrópicas, o aporte de nutrientes é trazido pelas chuvas e pelas águas superficiais que erodam e lavam a superfície terrestre, consistindo em um processo gradual e contínuo. Quando ocorre artificialmente (induzida pelo homem), o processo de eutrofização pode ser acelerado e os nutrientes podem ter diferentes origens, como: efluentes domésticos, efluentes industriais e atividades agrícolas, incluindo os efluentes de sistemas de criação de organismos aquáticos (ESTEVES, 1998).

Os nutrientes responsáveis pelo processo de eutrofização têm origem nas descargas efetuadas por fontes pontuais e difusas de poluição (LIMBERGER, 2011).

A poluição difusa é produzida pelo carreamento das águas de chuva quando estas se movem pela superfície ou através do solo, em ambientes urbanos e rurais. A poluição pontual chega a pontos específicos ao longo dos corpos d'água. Deve-se ressaltar que a introdução de substâncias ou formas de energia que alterem significativamente as características naturais do ecossistema aquático denomina-se poluição (PORTO; BRANCO, 1991).

De acordo com Vollenweider (1987, apud CAIADO, 2005), o nitrogênio e o fósforo são reconhecidos como os principais “motores” da eutrofização. O aporte excessivo desses nutrientes em ecossistemas aquáticos pode causar mudanças em lagos e reservatórios, prejudicando o uso ou função do corpo d'água.

A eutrofização é um problema crescente em vários lugares do mundo. Na China, desde o enchimento inicial do reservatório da Usina Três Gargantas (TGR), em junho de 2003, florações intensas foram observadas em uma série de afluentes,

ameaçando a segurança da água potável dos moradores da região (LIU et al., 2012).

Notadamente no Brasil tem-se verificado crescente preocupação com o rápido processo de degradação dos ambientes aquáticos. O reservatório da Usina Hidrelétrica Foz do Areia (PR), por exemplo, tem apresentado alto grau de eutrofização, cuja ocorrência mais preocupante foi registrada nos meses de outubro de 2006 a abril de 2007 (PEREIRA et al., 2013).

O estudo e classificação de corpos d'água com relação ao seu grau de eutrofização teve início com Naumann (1929), que define estado trófico como a resposta biológica de lagos à introdução de nutrientes (LAMPARELLI, 2004).

Em período de elevada insolação ocorre fotossíntese e as algas podem atingir superpopulações, constituindo, muitas vezes, uma camada superficial que impede a penetração da energia luminosa nas camadas inferiores do corpo d'água, causando a morte das algas situadas nestas regiões. Estes eventos de superpopulação de algas são denominados floração das águas (VON SPERLING, 2005).

O fenômeno de eutrofização é capaz de ocasionar uma série de consequências negativas sobre o ambiente natural, dentre elas (DEZOTTI, 2008):

- Aumento da demanda de oxigênio em corpos d'água para a degradação da matéria orgânica das plantas e algas, podendo acarretar na mortandade de peixes e outros organismos aquáticos por asfixia;
- Aumento do custo de tratamento das águas eutrofizadas, podendo ainda torná-las inadequadas para diversos usos;
- Crescimento exagerado de macrófitas enraizadas podendo interferir na navegação, aeração e capacidade de transporte do corpo d'água.
- Acúmulo de vegetação no reservatório, em decorrência da eutrofização e do assoreamento, pode torná-lo cada vez mais raso, até vir a desaparecer. Vale ressaltar que este processo é irreversível, porém bastante lento;

- Interferências com a utilização recreacional do reservatório, com o aparecimento de tapetes de algas e elevada turbidez nas águas.
- Deposição de algas mortas no fundo do corpo dá água, ocasionando condições anaeróbias.

A implementação de estudos de avaliação trófica em sistemas aquáticos tem como relevância a detecção e predição dos processos de eutrofização, além da busca por propostas de soluções que viabilizem o aumento da vida útil dos ecossistemas (TUNDISI, 2003).

Wengrat e Bicudo (2011) analisaram a qualidade da água do complexo Bilings, localizado em São Paulo. As coletas da água foram realizadas nos períodos de inverno (2009) e verão (2010). As características físicas e químicas, assim como o cálculo do índice de estado trófico de Lamparelli no complexo foram realizados. Os autores relatam que Billings variou de mesotrófico, eutrófico a supereutrófico, dependendo do período climático e manejo antrópico do complexo. Notaram também que após a implantação do projeto de flotação do Rio Pinheiros houve leve melhora da qualidade da água no complexo.

A caracterização do estágio de eutrofização de um corpo d'água pode ser feita de acordo com seguintes níveis de trofia (PORTO et al.,1991):

- Oligotróficos: caracteriza-se pelo baixo enriquecimento em matéria orgânica e nutrientes; pouco desenvolvimento planctônico; águas claras e elevado teor de oxigênio dissolvido.
- Mesotróficos: moderado enriquecimento com nutrientes e crescimento planctônico; representa um estágio intermediário.
- Eutróficos: elevado enriquecimento de nutrientes; elevado crescimento planctônico; baixos níveis de oxigênio dissolvido no fundo de corpos d'água profundos; elementos minerais tanto em suspensão como na região bentônica.

Trindade e Mendonça (2014) classificaram as águas do reservatório Rio Bonito (Espírito Santo) quanto ao estado trófico, de acordo com diferentes modelos

matemáticos e índices de estado trófico (IET), e demonstraram que diferentes modelos podem resultar em diferentes classificações de níveis de trofia para o mesmo corpo d'água. Desta forma, afirmaram a grande importância da escolha de modelos e índices adequados às condições do clima e dos corpos hídricos de interesse.

2.3. Nutriente Limitante

Nutriente limitante, de acordo com Von Sperling (2001), é aquele que limita o crescimento de uma determinada população, ou seja, em baixas concentrações do nutriente limitante o crescimento populacional apresenta-se baixo e vice-versa. Essa situação persiste até que a concentração desse nutriente passa a ser tão elevada no meio que um outro nutriente passa a ser fator limitante. Vale ressaltar que esses nutrientes são utilizados até o momento em que o crescimento estiver completo e a exaustão de qualquer destes nutrientes paralisa o crescimento do fitoplâncton.

Normalmente, as espécies químicas necessárias para que sejam produzidas as células vegetativas são as que apresentam fósforo e nitrogênio em sua composição. Os nutrientes que as possuem têm origem nas descargas efetuadas por fontes pontuais e difusas de poluição. Caso os nutrientes, que são descarregados para a massa de água, forem reduzidos, a quantidade de nutrientes disponíveis reduz, diminuindo assim a biomassa algal no corpo d'água (FONSECA, 2010).

Lamparelli (2004) relatou que quando se pretende reduzir o grau de eutrofização de um corpo d'água, com a finalidade de estabelecer planos de manejo em bacias hidrográficas, deve-se definir qual nutriente deverá ter as descargas limitadas ou se será necessário limitar as descargas de ambos.

Thomann e Mueller (1987) sugerem o seguinte critério, com base na relação entre as concentrações de nitrogênio e fósforo (N-P) para se estimar, preliminarmente, se o crescimento de algas em rios, lagos e estuários com lançamentos pontuais ou difusos está sendo controlado pelo fósforo ou nitrogênio:

- Grandes lagos, com predominância de fontes não pontuais: $N/P \gg 10$: limitação por fósforo;
- Pequenos lagos, com predominância de fontes pontuais: $N/P \ll 10$: limitação por nitrogênio.

Segundo Von Sperling, (2001), a constituição da biomassa algal, normalmente, é obtida da relação de Redfield, et al.(1963), na qual indica que as algas, usualmente, demandam 16 vezes mais do nutriente nitrogênio do que fósforo. As concentrações totais desses dois nutrientes devem ser divididas pelas suas respectivas massas atômicas (14 e 31), sendo depois realizada a razão de N e P, para se obter o nutriente limitante. Caso o resultado seja superior a 16 há indicação que o fósforo será o nutriente limitante, caso contrário o nitrogênio será o limitante.

Lagos e reservatórios, em regiões tropicais, possuem a capacidade de metabolizar quantidades de nutrientes elevadas em relação a regiões de clima frio, logo os limites dos valores para cada categoria trófica em corpos d'água de clima quente serão superiores aos de clima frio, por se tratarem de ambientes aquáticos com comportamentos funcionais distintos. Portanto, os valores de limites de níveis tróficos estabelecidos para lagos temperados são inadequados para lagos e reservatórios de clima tropical (SILVA, 1998).

Salas e Martino (2001) estabeleceram a relação em massa de Nitrogênio Total e Fósforo Total para lagos tropicais. Desta forma, os lagos-reservatórios que apresentam relação de nitrogênio e fósforo superiores a 9 são potencialmente limitados por fósforo. Caso contrário são limitados por nitrogênio. Vale ressaltar que a razão N:P para o crescimento algal pode sofrer variações, dependendo da espécie e do ambiente (Smith, 1979). Diferentes espécies podem ser limitadas por outros nutrientes. Porém, normalmente, a comunidade se limita por apenas um nutriente (LEWIS, 2000).

O estudo de Franzien (2009) mostrou que a ocorrência de uma floração de cianobactérias tóxicas originada no Blang, segundo de três reservatórios em cascata do Sistema Salto de Hidrelétricas, localizado no município de São Francisco de

Paula (RS), foi causada pelo excesso de fósforo (identificado como limitante para a eutrofização) no sedimento do leito.

Os reservatórios Kanji e Marina, localizados em Cingapura, foram analisados de acordo a limitação de nutrientes. Experimentos de enriquecimento de nutrientes em laboratório mostraram que crescimento de algas no reservatório de Kranji é limitado pelo fósforo, enquanto que o reservatório Marina pelo nitrogênio (GIN et al., 2011).

2.3.1. Fósforo

O fósforo é normalmente acumulado nos reservatórios através de processos de sedimentação, absorção pelos organismos ou adsorção em material em suspensão. Esse nutriente, presente em sedimentos pode ser recirculado e disponibilizado à coluna d'água sob determinadas condições físicas, como turbulência e revolvimento do sedimento, ou químicas, como alterações no potencial redox e nas concentrações de oxigênio dissolvido na interface água-sedimento (CUNHA, 2012).

As principais fontes de fósforo que afluem a uma lagoa ou reservatório são (VON SPERLING, 2005):

- Efluentes domésticos;
- Drenagem fluvial: áreas com matas e florestas; áreas agrícolas e áreas urbanas, sendo que última apresenta valores mais elevados e com menor variabilidade em relação as demais.

A maior fonte de fósforo encontra-se nos esgotos veiculados por sistemas de esgotamento dinâmico. Este nutriente é encontrado nas fezes humanas, nos detergentes de limpeza doméstica e em outros subprodutos das atividades humanas (VON SPERLING, 2005). As contribuições unitárias de fósforo típicas podem ser apresentadas de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1 - Contribuições unitárias de fósforos típicas

Fonte	Tipo	Valores Típicos	Unidade
Drenagem	Áreas de matas e florestas	10	kgP-km ² .ano

	Áreas agrícolas	50	kgP-km ² .ano
	Áreas urbanas	100	kgP-km ² .ano
Efluentes	Domésticos	1,0	kgP-km ² .ano

Fonte: Von Sperling (2005).

O fósforo pode ser encontrado em corpos d'água sob formas diferentes (SILVA, 2006):

- Fósforo inorgânico dissolvido (ortofosfatos ou fósforo reativo dissolvido): representado por: $\text{H}_2\text{PO}_4^{-4}$, HPO_4^{-2} e PO_4^{-3}
- Fósforo orgânico particulado: presente nos seres vivos e nos detritos orgânicos;
- Fósforo orgânico não particulado: dissolvido ou presente em colóides de compostos orgânicos que contenham fósforo.
- Fósforo inorgânico particulado: Fosfatos minerais e fosfatos complexados a materiais sólidos;
- Fósforo inorgânico não particulado: Fosfatos condensados, como os encontrados nos detergentes.

Considerado um elemento abundante no ambiente, o fósforo apresenta-se em corpos d'água sob a forma de fosfato ligado a um cátion em compostos inorgânicos insolúveis como, fosfato de cálcio simples $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, fosfato de alumínio AlPO_4 , fosfato férrico FePO_4 , e o fosfato misto, $\text{CaF}_2 \cdot 3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, denominado apatita, ou como componente de moléculas orgânicas (SAWYER et al., 2003).

As concentrações de fosfato em águas não poluídas podem variar entre 0,005 e 0,02 mg.l⁻¹. Esgotos, que contêm detergentes, afluentes industriais e fertilizantes, podem contribuir para o aumento da concentração de fósforo em corpos d'água. Os polifosfatos, adicionados aos detergentes e sabões, atuam como sequestrantes e se ligam principalmente aos cátions Ca^{2+} e Mg^{2+} formando complexos solúveis, o que aumenta a eficiência da limpeza (BORGES, 1998).

Segundo Brassac et al. (2009), o reservatório da Usina Hidrelétrica de Foz do Areia, localizado no estado do Paraná, apresentou elevada densidade de cianobactérias. A

característica lântica do reservatório, os baixos níveis de água, a elevação da temperatura, a estratificação térmica da coluna de água, além das elevadas concentrações de fósforo foram decisivos para o desenvolvimento massivo das cianobactérias no corpo d'água.

2.4. Avaliação do estado trófico

À medida que o uso de reservatórios, mananciais e suas bacias hidrográficas se torna mais intenso e diversificado, é necessário monitoramento sistemático, que resulte em séries temporais de dados, permitindo avaliação da evolução da qualidade do corpo hídrico e conhecimento das tendências de variação (NAVAL et al., 2004).

A caracterização do estado de trofia e a utilização de índices de qualidade de águas tem como objetivo simplificar uma série de parâmetros, tornando-os fáceis de entendimento pelo público e ferramenta para a comunidade científica (CORDEIRO et al., 2009).

Segundo Maia (2011), usualmente calcula-se o Índice de Estado Trófico (IET) para conhecimento do grau de trofia em um determinado ecossistema, uma vez que no índice há variáveis de entrada externas de nutrientes, como, esgoto doméstico, resíduos industriais e agrícolas, e características específicas de cada reservatório como, tempo de retenção, vazão, e regime hidrológico, servindo como base para planejamento de controle da eutrofização e uso do corpo hídrico.

Os sistemas convencionais classificam os corpos aquáticos em três categorias tróficas: oligotrófico (baixa produtividade), mesotrófico (produtividade intermediária) e eutrófico (elevada produtividade) (MARGALEF, 1983).

Com a finalidade de caracterizar os corpos d'água de forma mais aprofundada, atualmente, há outras classificações com outros níveis tróficos, tais como: ultraoligotrófico, oligotrófico, oligomesotrófico, mesotrófico, mesoeutrófico, eutrófico, eupolitrófico, hipereutrófico (listados da menor para a maior produtividade) (VON

SPERLING, 2001). A Tabela 2 apresenta caracterização trófica de reservatórios, de acordo com algumas características.

Tabela 2 - Caracterização trófica de lagos e reservatórios

Item	Classe de Trofia				
	Ultraoligotrófico	Oligotrófico	Mesotrófico	Eutrófico	Hipereutrófico
Biomassa	Bastante baixa	Reduzida	Média	Alta	Bastante alta
Fração de algas verdes e/ou cianofíceas	Baixa	Baixa	Variável	Alta	Bastante alta
Macrófitas	Baixa ou ausente	Baixa	Variável	Alta ou baixa	Baixa
Dinâmica de produção	Bastante baixa	Baixa	Média	Alta	Alta, instável
Dinâmica de oxigênio na camada superior	Normalmente saturado	Normalmente saturado	Variável em torno da supersaturação	Frequentemente supersaturado	Bastante instável, de supersaturação à ausência
Dinâmica de oxigênio na camada inferior	Normalmente saturado	Normalmente saturado	Variável abaixo da saturação	Abaixo da saturação à completa ausência	Bastante instável, de supersaturação à ausência
Prejuízo aos usos múltiplos	Baixo	Baixo	Variável	Alto	Bastante alto

Fonte: Von Sperling (2005).

2.5. Modelagem matemática

Vários métodos e índices têm sido utilizados, atualmente, para avaliar o estado trófico de lagos e reservatórios. A maioria deles foi desenvolvida para ambientes de clima temperado, devendo sua aplicação em regiões tropicais ser realizada com cautela. A morfometria do reservatório, a disponibilidade de luz e nutrientes e as taxas de decomposição da matéria orgânica podem interferir na variação temporal da comunidade fitoplanctônica (TRINDADE, 2011).

Araújo et al. (2013a) afirmam que a caracterização do estado trófico é quantificada por meio de variáveis que se relacionam diretamente com o processo de eutrofização, em geral “clorofila-a”, as espécies algáceas presentes, a transparência das águas, as concentrações de nutrientes e oxigênio dissolvido.

O índice de estado trófico (IET) de Carlson (1977) é o mais utilizado, devido à sua simplicidade e por englobar parâmetros de qualidade de água importantes. A seguir, são apresentados alguns modelos utilizados para indicação de nível trófico de corpos d’água lênticos (FIA et al., 2009).

2.5.1. Modelos para clima temperado

Nesse subtópico serão apresentados os modelos e índices mais utilizados para clima temperado (Vollenweider (1976) e Carlson (1977)).

a) Vollenweider (1976)

O processo de eutrofização foi quantificado por Vollenweider (1968,1975,1976) por meio do desenvolvimento de um modelo de equilíbrio de massas, a partir das concentrações de fósforo. Seu modelo trouxe uma abordagem comparativa em larga escala para a vanguarda da limnologia.

O modelo de Vollenweider demonstrou uma relação forte entre as entradas de nutrientes e as concentrações de nutrientes dentro do lago. Essa relação mostrou que a carga de nutrientes, alterações na morfologia, hidrologia e assoreamento do lago são os principais fatores que causam a eutrofização em lagos (PEREIRA et al., 2013).

A equação empírica desenvolvida por Vollenweider (1976) para ambientes temperados é expressa na forma:

$$P_r = \frac{L_c}{q_s(1+\sqrt{t})} \quad (1)$$

Na equação (1):

P_r : concentração de fósforo no reservatório (mg P/m³);

L_c : carga crítica de fósforo sobre a represa (mg P/m².ano);

q_s : taxa de aplicação hidráulica = z/t (m/ano);

t : tempo de detenção hidráulica = V/Q (anos);

z : profundidade média = V/A (m);

V : volume do reservatório (m³);

A : área superficial do reservatório (m²);

Q : vazão afluente ao reservatório (m³/ano);

b) Carlson (1977)

Carlson (1977), escolheu a biomassa algal como descritor chave para seu índice, uma vez que a proliferação de algas é motivo de preocupação para o público. Seu índice tem como variáveis a clorofila-a, transparência e fósforo. Salienta-se que o valor do índice pode ser calculado separadamente para cada uma das variáveis independente, ou média aritmética dos três índices.

O índice engloba lagos numa escala numérica de 0 a 100, sendo que cada divisão (10, 20, 30, etc) representa a capacidade de dobrar a biomassa algal. O índice é calculado para fósforo total, clorofila-a e transparência da água da seguinte forma:

$$IET(DS) = 10 \left(6 - \left(\frac{\ln DS}{\ln 2} \right) \right) \quad (2)$$

$$IET(cla) = 10 \left(6 - \left(\frac{2,04 - 0,68 \ln Cla}{\ln 2} \right) \right) \quad (3)$$

$$IET(PT) = 10 \left(6 - \left(\frac{\ln 48 / PT}{\ln 2} \right) \right)$$

(4)

Nas equações (2), (3) e (4):

ln DS: logaritmo neperiano da transparência da água medida através de disco de Secchi (m);

ln Cla: logaritmo neperiano da clorofila-a (mg.m⁻³);

ln PT: logaritmo neperiano de fósforo total (mg.l⁻¹);

O Índice de Estado Trófico (IET) originalmente proposto por Carlson (1977) não indica o estado trófico do lago. Para esta finalidade Kratzer e Brezonick (1981 *apud* XAVIER, 2005), descreveram o nível trófico de lagos baseados no IET, conforme segue:

Tabela 3 - Classificação do IET de Carlson (1977)

Categoria Estado Trófico	IET
Ultra oligotrófico	IET < 20
Oligotrófico	21 < IET ≤ 40
Mesotrófico	41 < IET ≤ 50
Eutrófico	51 < IET ≤ 60
Hipereutrófico	IET > 61

Yang et al. (2012), utilizaram o IET de Carlson, devido à sua simplicidade, em onze reservatórios na região de Fujian, sudoeste da China. Três foram classificados como hipereutróficos, seis como eutróficos, e dois eutróficos. Os resultados forneceram aviso antecipado de degradação da água nesses reservatórios.

Rodríguez et al. (2013), determinaram o estado trófico da barragem Abravadero através de dados mensais entre 2008 e 2009, no qual foram registrados os seguintes parâmetros físicos-químicos e biológicos: temperatura da água, oxigênio dissolvido, transparência, clorofila "a" e fósforo total. Os parâmetros físico-químicas mostraram um padrão de variação associada com o período chuvoso e seco, enquanto o IET de Carlson classificou a barragem como hipereutrófica.

Sharip et al. (2014), avaliaram e verificaram a qualidade da água e estado trófico de 15 grandes lagos e reservatórios na Malásia. As avaliações da qualidade da água do lago foram baseadas no Índice Nacional de Qualidade de Águas (NWQI), enquanto as avaliações dos estados tróficos foram baseados através do IET de Carlson. Os resultados desta avaliação da qualidade da água, com base em dados coletados entre setembro e outubro de 2012, indicaram que a maioria dos lagos foi classificado como Classe II (águas adequadas para uso recreativo). Os resultados das avaliações do estado trófico, no entanto, indicaram que todos os lagos eram eutróficos, o que significa que eram ricos em nutrientes, devido à alta proliferação de algas, sendo propensos a apresentar má qualidade da água. Medidas de gestão sustentável e estratégias são sugeridas para resolver os problemas de eutrofização de lagos e reservatórios da Malásia.

Kagalou e Psilovikos (2014), avaliaram os lagos Kastoria e Ziros, localizados no nordeste da Grécia, quanto ao seu estado trófico por meio do IET de Carlson. O lago Kastoria foi classificado como eutrófico com uma tendência a hipereutrofização enquanto o lago Ziros apresentou-se mesotrófico com sinais evidentes de eutrofização.

c) OECD (1982 *apud* LAMPARELLI, 2004)

A OECD (*Organization for Economic Cooperation and Development*), em 1982, a partir de dados de ambientes hídricos nos países da Europa e da América do Norte, publicou um estudo sobre o monitoramento, avaliação e controle da eutrofização, no qual estabeleceu limites para a classificação trófica nessas regiões, como demonstrado na Tabela 4.

Tabela 4 - Categorias tróficas segundo a OECD (1982 *apud* LAMPARELLI, 2004)

Categorias Tróficas	PT (µg/l)	Cl a (µg/l)	Transparência (m)
Ultraoligotrófico	≤ 4	≤ 1	≥12
Oligotrófico	≤ 10	≤ 2,5	> 6
Mesotrófico	10 – 35	2,5 – 8	6 – 3
Eutrófico	35 – 100	8 - 25	3 - 1,5
Hipereutrófico	≥100	≥25	≤ 1,5

Marín et al. (2014), analisaram o estado trófico do rio Cruces, localizado no Chile, de novembro de 2011 a janeiro de 2013, utilizando critérios da OCDE (1982). O estado trófico do rio esteve entre eutrófico e hipereutrófico no período de análise.

O modelo OECD (1982), um dos modelos usados por Silvino et al. (2015), classificou o estado trófico da Lagoa Sumidouro, localizada em Minas Gerais, Brasil. Considerando os valores de concentração de fósforo, clorofila-a e transparência, o reservatório foi classificado como eutrófico, mesotrófico e hipereutrófico, respectivamente.

2.5.2. Modelos para clima tropical-subtropical

Os lagos e reservatórios tropicais-subtropicais apresentam os mesmos impactos com relação à eutrofização que sistemas de água doce de regiões temperadas. Entretanto, segundo Tundisi e Matsumura-Tundisi (2008), diferenças quanto à temperatura, precipitação e sazonalidade produzem outras características que tornam difíceis comparações entre ambientes tropicais e temperados. Desta forma, alguns autores (Toledo (1984), Salas e Martino(1991), Lamparelli (2004) e Cunha (2014)) propuseram índices direcionados a regiões tropicais-subtropicais, como apresentados a seguir.

a) IET de Carlson modificado por Toledo *et. al.* (1984)

Toledo et. al. (1984), propuseram modificações do índice de Carlson para ambientes subtropicais, a partir de dados de alguns reservatórios do estado de São Paulo. O trabalho resultou em uma nova classificação de trofia baseada nas concentrações de clorofila-a e fósforo, bem como em valores de transparência. O modelo foi testado em outros reservatórios localizados no mesmo estado, tendo concluído que o índice de Carlson modificado por Toledo apresentou-se mais adequado para determinação do estado trófico em regiões subtropicais, como demonstra o cálculo:

$$IET(DS) = 10 \left(6 - \left(\frac{0,64 + \ln DS}{\ln 2} \right) \right) \quad (5)$$

$$IET(Cla) = 10 \left(6 - \left(\frac{2,04 - 0,695 \ln Cla}{\ln 2} \right) \right)$$

(6)

$$IET(PT) = 10 \left(6 - \left(\frac{\ln 80,32 - PT}{\ln 2} \right) \right) \quad (7)$$

$$IET = \frac{IET(DS) + IET(Cla) + IET(PT)}{3} \quad (8)$$

Nas equações (5), (6) e (7):

In DS: logaritmo neperiano da transparência da água (m);

In Cla: logaritmo neperiano da clorofila-a (mg.m^{-3});

In PT: logaritmo neperiano de fósforo total (mg.l^{-1});

Os níveis tróficos de reservatórios, baseados no IET segundo Toledo *et. al.* (1984) são apresentados na tabela 5.

Tabela 5 - Categoria de estado trófico, segundo Toledo *et al.* (1984)

Categoria Estado Trófico	IET
Ultraoligotrófico	$IET \leq 24$
Oligotrófico	$24 < IET \leq 44$
Mesotrófico	$44 < IET \leq 54$
Eutrófico	$54 < IET \leq 74$
Hipereutrófico	$IET > 74$

Este índice de estado trófico foi adotado pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB) para a determinação do estado de eutrofização de ambientes lênticos no Estado de São Paulo. Porém, a empresa não considera, normalmente, na estimativa do estado trófico, o cálculo do índice de transparência, pois esta é afetada pela elevada turbidez decorrente de material em suspensão, comum em reservatórios e rios do estado de São Paulo (FARAGE *et al.*, 2010).

Batista *et al.* (2014) avaliaram a qualidade das águas do açude Óros (localizado na sub-bacia do Alto Jaguaribe, no Estado do Ceará), bem como identificou o nível trófico das águas usando o índice de estado trófico de Carlson modificado por Toledo (1984). As coletas foram realizadas bimestralmente em diferentes pontos de amostragem. O açude foi classificado como mesotrófico, para os períodos de chuvas e eutrófico, para os períodos de estiagem.

Araújo et al. (2013b) desenvolveram metodologia para calcular o risco de eutrofização em um reservatório (Agarapé do Meio, Maranhão), baseado na teoria de conjuntos difusos e nos mecanismos usados pelo índice de estado trófico de Carlson modificado por Toledo (1983). Para o cálculo de risco, o índice de Toledo foi transformado em funções de pertinência, com base na teoria de conjuntos difusos. Os resultados mostraram que o uso da teoria de conjuntos difusos pode ser ferramenta para calcular o risco de eutrofização para reservatórios e, com isso, fornecer subsídios aos gestores de recursos hídricos, na formulação de políticas para o planejamento de recursos hídricos, no que diz respeito à qualidade de água em reservatórios.

b) Salas e Martino (1991)

Salas e Martino (1991), publicaram estudo, realizado pelo Centro Pan-americano de Engenharia Sanitária e Ciências Ambientais (CEPIS), vinculado à Organização Mundial de Saúde (OMS), no qual propuseram modelo trófico simplificado para fósforo a partir do modelo de Vollenweider, para lagos e reservatórios tropicais da América Latina e Caribe, sendo:

$$P_y = \frac{L(P)}{\bar{Z} - T_w(1 + 2\sqrt{T_w})} \quad (9)$$

Na equação (9):

P_t : fósforo total (mg/l);

$L(P)$: taxa de carga de fósforo total superficial ($\text{g.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$);

\bar{Z} : profundidade média do lago (m);

T_w : tempo de detenção (ano);

Salas e Martino (1991) consideraram o modelo empírico de fósforo total, com limites fixos 0,03 e 0,07 mg/l, que separam as classificações oligotróficas-mesotrófica e mesotrófica-eutrófica.

Santos e Florencio (2001), através do Modelo Simplificado de Estado Trófico para o fósforo proposto por Salas e Martino (1991), classificaram o reservatório de Duas

Unas, em Jaboatão do Guararapes, Pernambuco, como eutrófico, sendo a concentração de fósforo obtida no reservatório de 0,078 mg P/l.

c) Curva de Distribuição Probabilística de Estado Trófico

A curva probabilística de estado trófico foi desenvolvida, inicialmente, para lagos e reservatórios temperados. Entretanto, em 1990, em um Programa Regional do Centro Pan-Americano para Engenharia Sanitária e Ciência Ambientais (CEPIS), Salas e Martino (1991) adaptaram a curva para ambientes tropicais, uma vez que lagos e reservatórios situados em regiões tropicais, geralmente, apresentam valores de fósforo total maiores que os situados em regiões temperadas e o metabolismo do ambiente aquático é mais acelerado. Na classificação dos estados tróficos foram considerados aspectos estéticos, florações de algas, presença de macrófitas, além de dados de fósforo total.

Para o desenvolvimento da curva, foi assumida a distribuição normal para o logaritmo dos dados de fósforo, sendo aplicada a seguinte equação:

$$Y = \frac{1}{\sigma_s \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2\sigma_s^2}(x-\mu)^2} \quad (10)$$

Na equação (10):

Y: log da distribuição normal de probabilidade;

σ_s : desvio padrão

μ : média;

x: parâmetro (log do fósforo total, P);

Através da aplicação da fórmula de Bayes e Blank (1980, apud SALAS E MARTINO, 1991), para cada uma das categorias logarítmicas da distribuição normal, equações 11 e 12, resultou a curva de distribuição probabilística (Figura 1).

$$P(CT_i - X) = \frac{P(CT_i).P(X-CT_i)}{\sum P(CT_i).P(X-CT_i)} \quad (11)$$

$$\frac{P(X-CT_i)}{\sum P(X-CT_i)} = \frac{Y(CT_i)}{\sum Y(CT_i)} \quad (12)$$

Nas equações (11) e (12):

CT_i : categorias de estado trófico;

X: logaritmo de PT;

$P(X - CT_i) = Y(CT_i)$: distribuição normal de probabilidade {Y(HE) hipereutrófico, Y(E) eutrófico, Y(M) mesotrófico, Y(O) oligotrófico e Y(UO) ultraoligotrófico};

$\sum Y(CT_i)$: soma de todas as distribuições;

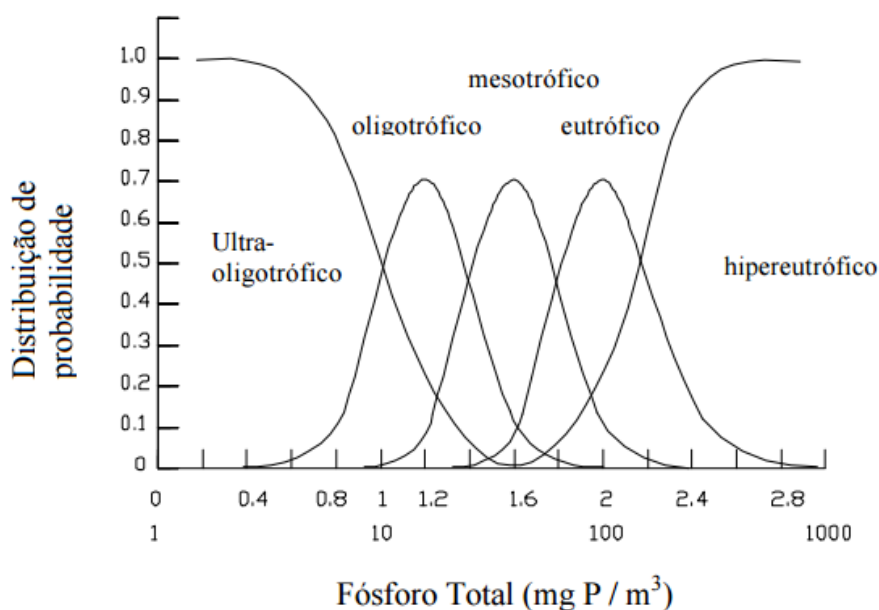


Figura 1 - Distribuição da probabilidade de nível trófico de lagos de clima tropical baseados em fósforo total (SALAS e MARTINO, 1991)

Santos (2012) utilizou da curva de distribuição probabilística de nível trófico de clima tropical para avaliar o nível de trofia da represa de Vargem das Flores, localizada em Minas Gerais. A concentração de fósforo total no reservatório variou de 69 a 202 $\mu\text{g/l}$, com média de 106 $\mu\text{g/l}$, que pelo índice de Salas e Martino (1991), apresentou maior probabilidade de ser um ambiente eutrófico, tendo a probabilidade de 80%.

A eutrofização do reservatório de Dourado foi avaliada por Oliveira (2012), através da curva de distribuição probabilística para ecossistemas aquáticos tropicais (Salas e Martino, 1991) no período compreendido entre maio de 2011 e março de 2012. De

acordo com o modelo adotado, através das concentrações de fósforo total, observou-se maior probabilidade de reservatório ser classificado como mesotrófico (52%). Com probabilidade moderada apresentou-se o estado eutrófico (38%) e com probabilidade reduzida apresentaram-se os estados hipereutrófico e oligotrófico.

d) Lamparelli (2004)

Lamparelli (2004) utilizou resultados de monitoramento de 69 pontos de amostragem (35 em rios e 34 em reservatórios) da Rede de Monitoramento da Qualidade das Águas Superficiais do estado de São Paulo da CETESB para empregar novas equações para o cálculo de Índices de Estado Trófico, para fósforo total e clorofila-a, a partir da modificação do índice proposto por Toledo et al. (1984). Além disso, foram propostas novas classificações de trofia, para ambientes lóticos e lênticos, nos quais foi introduzida uma nova classe, entre as classes eutrófica e a hipereutrófica, denominada supereutrófica. Estes novos índices foram testados e apresentaram maior sensibilidade e maior coerência entre índices calculados através da concentração de clorofila-a e de fósforo total do que os Carlson (1977) e Toledo (1984).

As equações 13,14 e 15 foram propostas por Lamparelli (2004) para cálculo de Índices de Estado Trófico, para fósforo total, clorofila-a e global para reservatórios.

$$IET(PT) = 10 \left\{ 6 - \left[1,77 - 0,42x \left(\frac{\ln PT}{\ln 2} \right) \right] \right\}$$

(13)

$$IET(Cla) = 10 \left\{ 6 - \left[0,92 - 0,34x \left(\frac{\ln Cla}{\ln 2} \right) \right] \right\}$$

(14)

$$IET = \left[\frac{IET(PT) + IET(Cla)}{2} \right]$$

(15)

Nas equações (13) e (14):

Cla: Concentração clorofila-a, em $\mu\text{g.l}^{-1}$;

PT: Concentração de Fósforo Total, em $\mu\text{g.l}^{-1}$;

A Tabela 6 apresenta as classes do IET modificado por Lamparelli (2004) para reservatórios, de acordo com a transparência, concentrações de fósforo total e clorofila-a, e ponderação.

Tabela 6 - Classificação segundo IET modificado por Lamparelli (2004) para reservatórios

Categoria estado trófico	Ponderação	Transparência S(m)	Fósforo total ($\mu\text{g.l}^{-1}$)	Clorofila-a ($\mu\text{g.l}^{-1}$)
Ultraoligotrófico	$\text{IET} \leq 47$	$S \geq 2,4$	$P \leq 8$	$\text{Cla} \leq 1,17$
Oligotrófico	$47 < \text{IET} \leq 52$	$2,4 > S \geq 1,7$	$8 < P \leq 19$	$1,17 < \text{Cla} \leq 3,24$
Mesotrófico	$52 < \text{IET} \leq 59$	$1,7 > S \geq 1,1$	$19 < P \leq 52$	$3,24 < \text{Cla} \leq 11,03$
Eutrófico	$59 < \text{IET} \leq 63$	$1,1 > S \geq 0,8$	$52 < P \leq 120$	$11,03 < \text{Cla} \leq 30,55$
Supereutrófico	$63 < \text{IET} \leq 67$	$0,8 > S \geq 0,6$	$120 < P \leq 233$	$30,55 < \text{Cla} \leq 69,05$
Hipereutrófico	$\text{IET} > 67$	$0,6 > S$	$233 < P$	$69,05 < \text{Cla}$

Bucci e De Oliveira (2014), caracterizaram a qualidade hídrica do reservatório Dr. João Penido, localizado da cidade de Juiz de Fora, Minas Gerais. O Índice de Estado Trófico (IET) foi calculado utilizando o modelo de Lamparelli (2004). Os resultados mostraram que o grau de trofia da represa variou de oligotrófico a eutrófico. Porém, foi observada predominância do estado mesotrófico, indicando produtividade intermediária, com possíveis implicações sobre a qualidade e o uso da água.

Goveia et al. (2014), analisaram a qualidade de água do lago presente no parque Carlos Alberto de Souza, localizado em Sorocaba, São Paulo, o qual é utilizado por crianças e adultos para lazer. O Índice de Estado Trófico (IET) foi calculado utilizando o modelo de Lamparelli (2004), o qual classificou o corpo hídrico como hipereutrófico, podendo causar florações de algas e mortandades de peixes, representando um alerta quanto à necessidade de monitoramento da qualidade dos ambientes lânticos e a necessidade de alertas à população que frequentam o ambiente.

Pires (2014) utilizou o índice de estado trófico proposto por Lamparelli (2004) para classificar os quatro reservatórios (Billings, Guarapiranga, Jundiaí e Paiva Castro) da bacia do Alto Tietê, São Paulo, quanto ao nível de trofia. As coletas foram realizadas em outubro de 2011 e setembro de 2012. As estações de amostragem em cada reservatório foram classificadas como eutróficas (Billings e Guarapiranga), mesotrófica (Jundiaí) e oligotrófica (Paiva Castro).

e) Modelo de estado trófico proposto por Cunha (2012)

Cunha (2012), propôs um índice de estado trófico para ambientes subtropicais, utilizando em sua pesquisa 18 reservatórios monitorados pela CETESB durante 14 anos (1996 a 2009) com frequência bimestral. Para a construção do índice, foram consideradas concentrações de fósforo total, clorofila-a e profundidades de Secchi.

Minimizando a importância de valores extremos e para indicar a tendência central do conjunto de dados, as médias geométricas anuais das variáveis em cada reservatório foram calculadas. Em ordem crescente, foram organizadas as médias geométricas de fósforo total e clorofila-a, divididas em cinco subconjuntos de dados, correspondentes às categorias ultraoligotrófica, oligotrófica, mesotrófica, eutrófica e supereutrófica. Em 2013, juntamente com Lamparelli e Calijuri, foi adicionada mais uma classificação de nível trófico aos subconjuntos de dados, fixada como hipereutrófica (Cunha *et al.*, 2013).

Foi realizada regressão linear para estimar correlações entre os dados pareados “fósforo e clorofila-a” e “clorofila-a e profundidade de Secchi”, obtendo equações que foram substituídas na equação originalmente proposta por Carlson (1977), resultando nas equações 16 e 17, consideradas uma versão calibrada do modelo de Carlson. O Índice de Estado Trófico médio pode ser calculado pela equação 18.

$$IET(Cla)_{rs} = 10 \left[6 - \left(\frac{-0.2512 \ln Cla + 0.842257}{\ln 2} \right) \right] \quad (16)$$

$$IET(PT)_{rs} = 10 \left[6 - \left(\frac{-0.27637 \ln PT + 1.329766}{\ln 2} \right) \right] \quad (17)$$

$$IET_{rs} = \frac{IET(Cla)_{rs} + IET(PT)_{rs}}{2} \quad (18)$$

Os valores de IET associados com as diferentes categorias de grau de trofia, proposto por Cunha *et al.* (2013), são apresentados na Tabela 7:

Tabela 7 - Classificação segundo IET proposto por Cunha *et al.* (2013)

Categoria Estado Trófico	IET	Fósforo total ($\mu\text{g.l}^{-1}$)	Clorofila-a ($\mu\text{g.l}^{-1}$)
Ultraoligotrófico	$IET \leq 51,1$	$P \leq 15,9$	$Cla \leq 2,0$
Oligotrófico	$51,2 < IET < 53,1$	$16 \leq P \leq 23,8$	$2,1 \leq Cla \leq 3,9$
Mesotrófico	$53,2 < IET \leq 55,7$	$23,9 \leq P \leq 36,7$	$4,0 \leq Cla \leq 10,0$

Eutrófico	$55,8 < \text{IET} \leq 58,1$	$36,8 < P \leq 63,7$	$10,1 \leq \text{Cla} \leq 20,2$
Supereutrófico	$58,2 \leq \text{IET} \leq 59$	$63,8 \leq P \leq 77,6$	$20,3 \leq \text{Cla} \leq 27,1$
Hipereutrófico	$\text{IET} \geq 59,1$	$P \geq 77,1$	$\text{Cla} \geq 27,2$

Cunha (2012) sugere que sejam consideradas médias geométricas anuais de cada variável, fósforo e clorofila a, ao invés de dados obtidos em campanhas específicas.

No presente trabalho foram consideradas tanto resultados obtidos em cada campanha como as médias geométricas anuais para verificação da variabilidade de classificação de estados tróficos em função de diversos fatores influentes, como o regime pluviométrico.

O IET_{rs} proposto por Cunha (2012), foi aplicado ao reservatório de Itupararanga, localizado em São Paulo, através de médias geométricas de fósforo total e clorofila-a obtidas com dados de seis coletas. Este IET_{rs} foi comparado com o modelo proposto por Lamparelli (2004) e Carlson (1977), resultando que o índice proposto por Carlson (1977) classificou todas as estações de amostragem em Itupararanga como eutróficas, enquanto o IET de Lamparelli (2004), foi menos restritivo, classificando praticamente todas as estações como mesotróficas. Já o IET_{rs} proposto pela pesquisa de Cunha (2012) resultou mais “cauteloso” que o IET de Lamparelli (2004) e se mostrou interessante por conseguir captar nuances entre as estações de amostragem em Itupararanga e separar os casos de mesotrofia e eutrofia, refletindo mais adequadamente as condições observadas em campo, segundo Cunha (2012).

Liu et al. (2015) utilizaram o índice de estado trófico de Carlson (1977) e Cunha et al. (2013) para avaliação do grau de trofia em reservatório raso, utilizado como principal fonte de água potável da cidade de Xangai, China. Os autores relataram que o IET_{rs} desenvolvido por Cunha et al. (2013) apresentou-se mais estável que o $\text{IET}(\text{Cla})$ e o $\text{IET}(\text{PT})$ de Carlson. Os resultados demonstraram que o reservatório apresentou classificação eutrófica durante o período de construção da barragem e mesotrófica durante o período experimental do funcionamento da barragem, segundo IET_{rs} de Cunha.

2.6. Índice Morfoedáfico

Pode-se estimar a concentração “natural” de fósforo total em um corpo d’água lântico, sem a influência antropogênica, por meio do índice morfoedáfico (MEI). O uso da relação fósforo-MEI permite estimativa quantitativa simples da percentagem de carga de fósforo afluente ao lago que deve ser controlada, para que se restaure o nível trófico natural (SILVA e MENDONÇA, 2000, apud TRINDADE, 2011).

O MEI é a razão entre os sólidos dissolvidos totais e a profundidade média de um lago e tem sido calculado também pelos valores de alcalinidade e condutividade.

Com o uso do parâmetro condutividade, tem-se a seguinte expressão:

$$MEI_{COND} = \frac{\text{condutividade}}{\text{profundidade média}} \quad (19)$$

onde a condutividade é dada em $\mu\text{S/m}$ e a profundidade média em metros (m)

Segundo Silva e Mendonça (2000, apud TRINDADE, 2011), Vighi e Chiaudani, analisando lagos localizados no hemisfério norte, estabeleceram equação de regressão envolvendo concentrações médias de fósforo total e índices morfoedáficos (MEI), da seguinte forma:

$$\log[P] = 0,75 + 0,27 \log MEI_{COND} \quad (20)$$

$r=0,71$ (coeficiente de correlação)

onde a concentração média de fósforo total dentro do lago, P, é dada em $\mu\text{g/l}$.

3. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo abrange os reservatórios da Usina Hidrelétrica (UHE) de Suíça e da Pequena Central Hidrelétrica (PCH) de Rio Bonito, localizados no estado do

Espírito Santo, Brasil, e pertencentes à bacia hidrográfica do rio Santa Maria da Vitória.

A bacia compreende os municípios de Santa Leopoldina, Santa Maria de Jetibá, e partes dos municípios de Cariacica, Serra, Vitória e Viana (CSMJ, 1997a). Sua área de drenagem é de aproximadamente 1800 km², com altitudes variando de 0 e 1300m. Seu perímetro é de 291 Km, limitando-se a leste com a baía de Vitória, ao norte e a oeste com as bacias dos rios Reis Magos e Doce e ao sul com as bacias dos rios Jucu, Bubu e Formate-Marinho. Alguns de seus principais efluentes são os rios Possmouser, Claro, São Luís, Bonito, da Prata, Timbuí, Mangaraí, das Pedras, Caramuru, Duas Bocas, Triunfo e Jequitibá (BORGES, 2009).

O clima predominante na bacia é tropical úmido com estação chuvosa no verão e seco no inverno (CSMJ, 1997b). O uso de seu solo é caracterizado por culturas agrícolas (café e banana), áreas de floresta natural, áreas alagáveis de várzea, núcleos urbanos, afloramentos rochosos e floresta de manguezal (BORGES, 2009). A Figura 2 mostra imagem apresentando a localização das barragens dos reservatórios de Rio Bonito e Suíça e delimitação de parte da bacia do rio Santa Maria da Vitória.

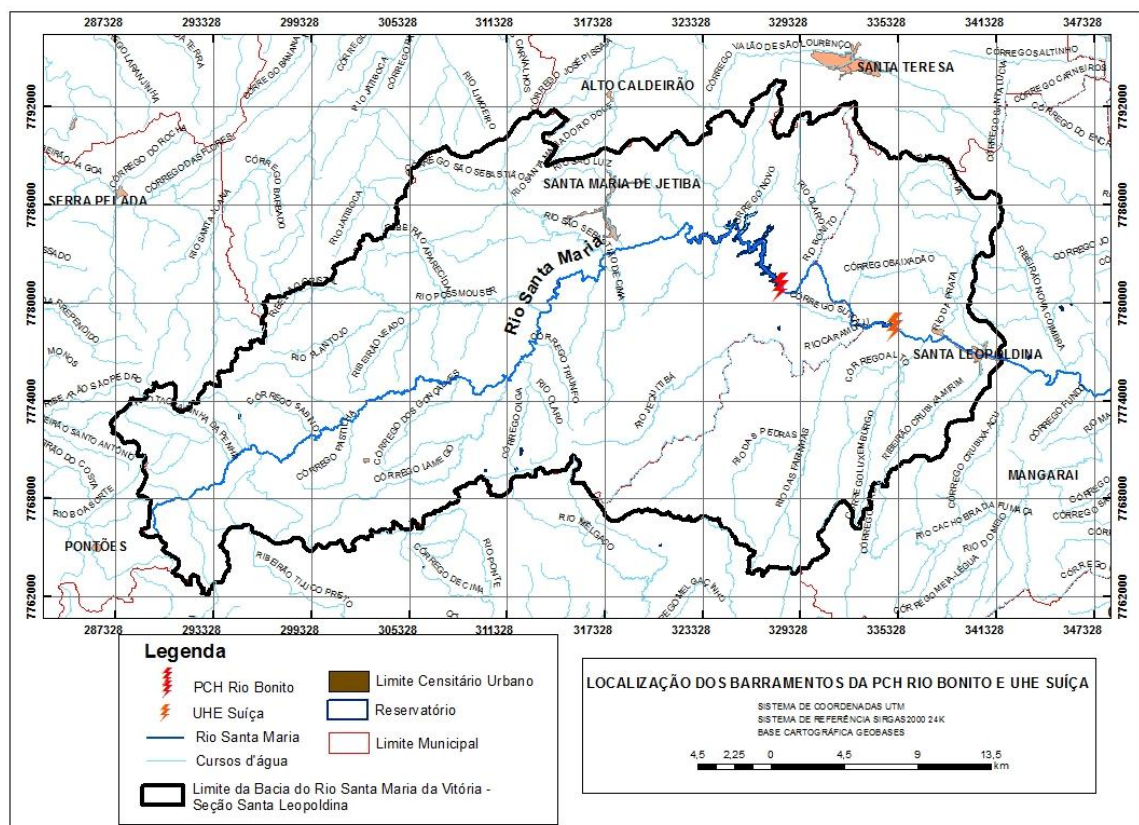


Figura 2 - Bacia do Rio Santa Maria da Vitória

A PCH Rio Bonito, localizada no município de Santa Maria de Jetibá, Espírito Santo, foi inaugurada em 1959. Sua barragem está instalada no rio Santa Maria da Vitória, formando um reservatório com 2,2 km² de área e volume aproximado de 13.600.000 m³. O uso e ocupação do entorno do reservatório é constituído por áreas de APP (Área de Proteção Permanente) e atividades agropecuárias (EDP, 2014a).

A Usina Hidrelétrica Suíça, localizada no Município de Santa Leopoldina, Espírito Santo, foi inaugurada em 1965 e sua barragem localiza-se imediatamente acima de uma queda d'água no Rio Santa Maria da Vitória, apresentando um desnível com declividade acentuada (altura de queda útil de 240 m), entre a parte superior e a

continuidade do curso fluvial, originando um reservatório com 0,6 km² de área e volume aproximado de 1.300.000 m³. O uso das águas no entorno do reservatório é praticamente agro-pecuário (EDP, 2014b).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

Realizou-se revisão bibliográfica a respeito da caracterização de reservatórios, assim como, da relação entre lançamento de nutrientes e estados tróficos nestes ambientes, sendo levantados modelos existentes para classificação de estado de trofia em corpos d'água lênticos, de acordo com aporte de nutrientes e parâmetros de qualidade.

Resultados de monitoramento limnológicos da qualidade de água realizados nas áreas da UHE Suíça e PCH Rio Bonito foram obtidos junto à empresa EDP, que gerencia os aproveitamentos hidrelétricos.

O monitoramento limnológico na área de influência da PCH Rio Bonito abrange um trecho do rio Santa Maria da Vitória, que vai desde o remanso do reservatório até o trecho a jusante do barramento (EDP, 2014a). As descrições e coordenadas geográficas dos pontos monitorados são apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 - Localização dos pontos de coleta na PCH Rio Bonito (UTM) (SAD-69)

Ponto	Localização	Latitude (UTM)	Longitude (UTM)
P1	Rio Santa Maria da Vitória, a montante do reservatório	7.783.469,31	319.403,69
P2	Interior do reservatório, próximo à barragem	7.781.626,53	327.489,38
P3	No trecho de vazão reduzida	7.780.678,00	328.848,00
P4	Rio Santa Maria da Vitória a jusante da casa de força	7.780.746,00	329.067,00
P5	Interior do reservatório, na zona de maior dinâmica de escoamento	7.782.899,00	326.973,00
P6	Interior do reservatório, na zona de menor dinâmica de escoamento	7.784.243,00	325.575,00
P7	Interior do reservatório, na zona de dinâmica	7.783.827,00	324.459,00

A Figura 3 mostra os pontos de monitoramento limnológico e de qualidade de água na área de influência da Pequena Central Hidrelétrica Rio Bonito.

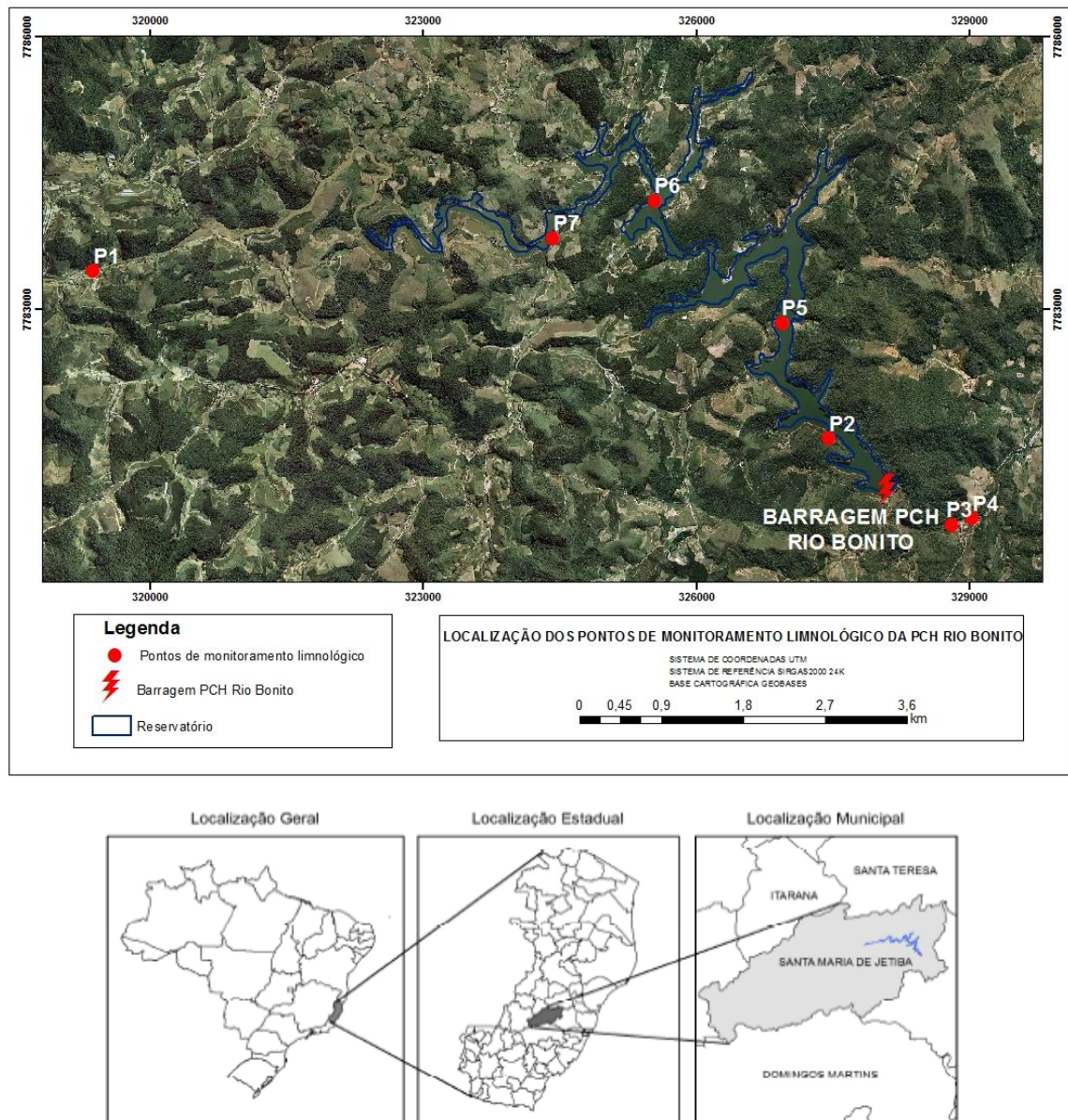


Figura 3 - Mapa com a localização dos pontos de monitoramento limnológico da PCH Rio Bonito

No presente estudo foram considerados os pontos P2 e P7, situados no interior do reservatório da PCH Rio Bonito. As campanhas do referido monitoramento foram realizadas nos anos: 2008 (28 de outubro, 7 de dezembro); 2009 (28 de fevereiro, 04 de abril, 05 de junho, 07 de agosto); 2010 (11 de novembro); 2011 (22 de fevereiro,

17 de maio, 23 de agosto, 26 de outubro); 2012 (28 de fevereiro, 29 de maio, 21 de agosto); 2013 (24 de abril, 05 de julho, 18 de outubro) e 2014 (15 de janeiro, 24 de abril, 04 de julho). Vale ressaltar que na campanha do dia 21 de agosto de 2012 não houve coleta de amostra no ponto P2. Nesta campanha a análise restringiu-se ao ponto 7.

O monitoramento limnológico na área de influência da UHE Suíça abrange trecho do rio Santa Maria da Vitória, que vai desde o remanso do reservatório até o trecho a jusante do barramento, sendo monitorados 4 pontos (EDP, 2014b). As descrições e coordenadas geográficas em UTM SAD-69 dos pontos monitorados estão representados na Tabela 9.

Tabela 9 - Pontos de monitoramento da EDP na UHE Suíça (UTM) (SAD-69)

Ponto	Localização	Latitude (UTM)	Longitude (UTM)
P1	Rio Santa Maria da Vitória a montante do reservatório	7.778.438,00	333.286,00
P2	No reservatório, próximo a barragem	7.778.608,00	335.034,00
P3	A jusante da casa de força	7.778.174,00	337.671,00
P4	Trecho de vazão reduzida	7.777.704,00	336.840,00

A Figura 4 mostra os pontos de monitoramento limnológico e de qualidade de água na área de influência da Usina Hidrelétrica Suíça.

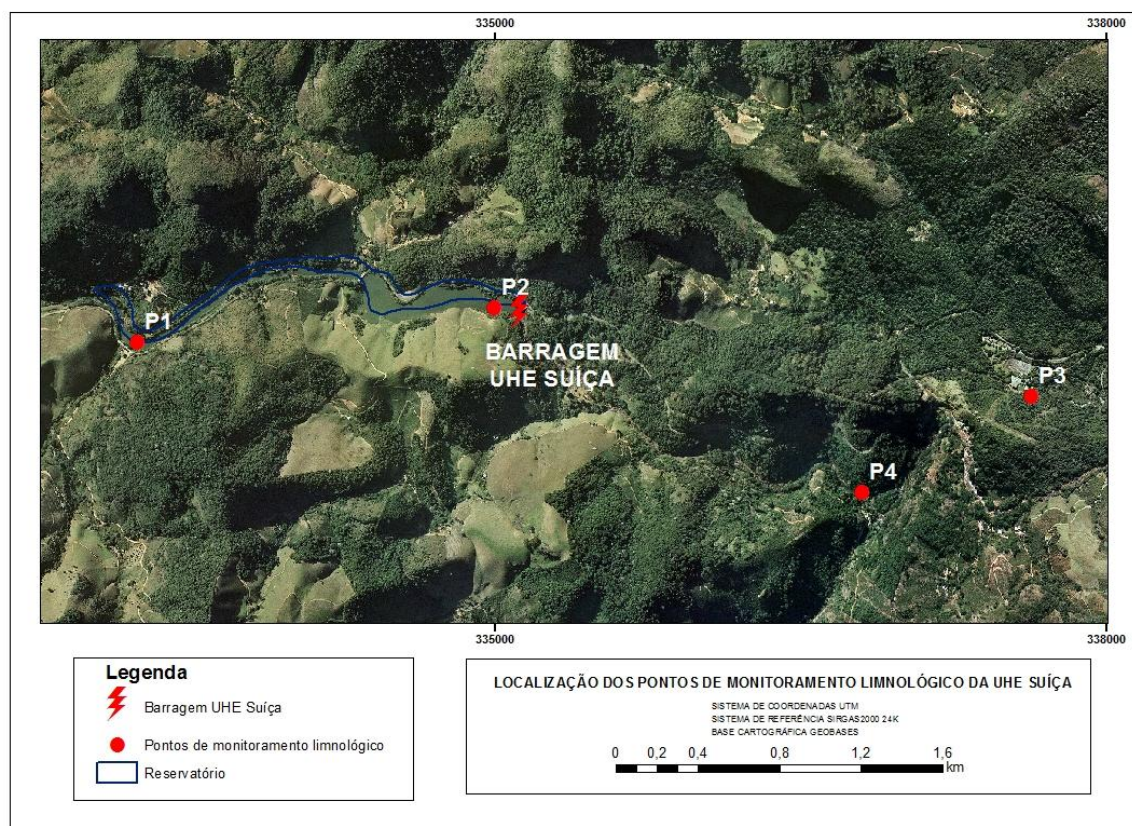


Figura 4 - Mapa com localização dos pontos de monitoramento limnológico da UHE Suíça

No presente estudo foi considerado o ponto P2, situado no reservatório da UHE Suíça, próximo à barragem. As campanhas do referido monitoramento foram realizadas nos anos 2008 a 2014, sendo suas datas: 2008 (28 de outubro e 07 de dezembro), 2009 (28 de fevereiro, 05 de abril, 06 de junho e 07 de agosto), 2010 (09 de novembro), 2011 (22 de fevereiro, 17 de maio, 23 de agosto e 26 de outubro), 2012 (27 de fevereiro, 29 de maio e 29 de agosto), 2013 (29 de abril, 05 de julho e 17 de outubro) e 2014 (31 de janeiro, 24 de abril e 03 de julho).

Nas campanhas de monitoramento limnológico realizado pela empresa EDP, tanto na UHE Suíça quanto na PCH Rio Bonito, (entre outubro de 2008 a julho de 2014), as coletas seguiram as seguintes metodologias:

Em campo, valores de condutividade elétrica, oxigênio dissolvido (OD) e temperatura da água foram obtidos com auxílio de sonda multiparâmetro (YSI 556). Salienta-se que no dia da coleta, parte das amostras foi filtrada em membranas de *Whatman* GF-C. As amostras foram acondicionadas em frascos de polietileno e devidamente preservadas, até a chegada no laboratório de limnologia situado na “*Life – Projetos Limnológicos*”, em Goiânia, Goiás, para realização dos ensaios. As amostras de água filtrada e não filtrada foram preservadas para posterior determinação das formas dissolvidas e totais de nitrogênio e fósforo.

As seguintes análises foram realizadas em laboratório:

- Turbidez: obtida através de um turbidímetro digital (Hach);
- Fósforo total: determinado diretamente nas amostras não filtradas, sendo quantificado após a adição de reagente misto (molibdato de amônia, tartarato de antimônio e potássio e ácido ascórbico) e leitura em espectrofotômetro (882 nm);
- Clorofila-a: Os pigmentos (clorofila-a e feopigmentos) foram quantificados através da extração com acetona (90%) e leitura em espectrofotômetro a 663 nm, aplicando-se correção para outros compostos dissolvidos e turbidez, resultante da leitura a 750 nm (Golterman et al., 1978 *apud* EDP, 2014a; EDP, 2014b).

No presente estudo foram feitas comparações e análises das condições de eutrofização em pontos monitorados nos reservatórios da PCH Rio Bonito e UHE com ênfase no modelo proposto por Cunha et al. (2013). A fim de verificar a adequação e o desempenho do modelo de Cunha et al. (2013) em ambientes lênticos, outros modelos matemáticos encontrados na literatura foram aplicados nos reservatórios, dentre eles: Índice de Estado Trófico de Carlson (1977), Índice de Estado Trófico de Carlson modificado por Toledo (1984), Salas e Martino (1991), Curva de Distribuição Probabilística de Estado Trófico (SALAS e MARTINO, 1991), IET modificado por Lamparelli (2004), além da classificação trófica segundo a OECD (1982 *apud* LAMPARELLI, 2004).

Foi empregado o índice Morfoedáfico para estimativa das concentrações “naturais” de fósforo total na Represa do Rio Bonito e Suíça, sem influência antropogênica, para se verificar o controle necessário das cargas de fósforo afluentes aos reservatórios.

Dados de pluviometria e vazão referentes ao período de dezembro de 2002 a julho de 2014, além de parâmetros limnológicos para pontos localizados no interior dos reservatórios, foram analisados de acordo com a sazonalidade.

Considerando os resultados dos IETs de Carlson, Toledo, Lamparelli e Cunha, calculados a partir dos valores registrados nos pontos dos reservatórios de Rio Bonito e Suíça, o coeficiente de correlação de Pearson e a diferença percentual foram calculados para averiguação da similaridade numérica entre os resultados dos modelos.

O coeficiente de correlação mede a força relativa de uma relação linear entre duas variáveis numéricas. Os valores para o coeficiente de correlação vão desde -1, para uma correlação negativa perfeita, até +1, para uma correlação positiva perfeita. Perfeita significa dizer que, se os pontos fossem desenhados em um gráfico de dispersão, todos estes pontos poderiam ser ligados por uma linha reta. O coeficiente de correlação de *Pearson* é uma medida de dispersão para estimar a precisão dos experimentos (LEVINE e SOUZA, 2008).

A diferença percentual expressa a diferença entre valores, na forma de uma porcentagem relativa referente ao primeiro valor (MAGALHÃES e LIMA, 2004).

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. Vazão e Pluviometria

Neste subtópico serão analisados os registros de vazão e precipitação pluviométrica nas proximidades dos reservatórios da PCH Rio Bonito e da UHE Suíça dentre os anos de 2008 a 2014.

5.1.1. Reservatório da Pequena Central Hidrelétrica Rio Bonito

Os valores dos totais mensais precipitados e das vazões médias mensais registradas entre 2008 e 2014 em postos, pluviométrico e fluviométrico, situados a montante do reservatório de Rio Bonito são apresentados na Tabela 10 e na Figura 5.

Tabela 10 - Vazões mensais afluentes ao reservatório Rio Bonito e precipitações pluviométricas mensais nos anos de 2008 a 2014

Data	Vazão (m ³ /s)	Chuva (mm)	Data	Vazão (m ³ /s)	Chuva (mm)	Data	Vazão (m ³ /s)	Chuva (mm)
jan-08	2,79	58,10	mai-10	3,96	107,20	set-12	2,45	33,50
fev-08	6,15	145,20	jun-10	2,44	4,80	out-12	2,08	56,70
mar-08	5,35	174,80	jul-10	2,50	49,90	nov-12	5,50	228,10
abr-08	4,39	55,10	ago-10	1,75	11,70	dez-12	5,50	70,60
mai-08	2,95	103,30	set-10	1,43	10,30	jan-13	4,89	178,00
jun-08	2,04	9,40	out-10	2,04	81,40	fev-13	5,36	78,00
jul-08	1,76	2,70	nov-10	15,59	278,90	mar-13	6,16	189,40
ago-08	1,33	9,40	dez-10	10,62	527,80	abr-13	6,29	11,10
set-08	1,40	47,10	jan-11	11,31	70,00	mai-13	3,22	34,40
out-08	1,79	58,10	fev-11	3,40	37,90	jun-13	3,31	27,60
nov-08	4,82	227,90	mar-11	12,68	282,40	jul-13	2,43	19,00
dez-08	8,26	244,50	abr-11	6,02	71,60	ago-13	1,89	35,40
jan-09	21,48	283,30	mai-11	3,78	38,20	set-13	1,85	31,90
fev-09	5,09	15,50	jun-11	3,35	32,90	out-13	2,56	70,20
mar-09	4,28	103,60	jul-11	2,72	14,90	nov-13	3,04	140,20
abr-09	5,85	117,00	ago-11	2,09	3,30	dez-13	22,40	799,20
mai-09	3,64	55,00	set-11	1,87	26,50	jan-14	6,67	12,00
jun-09	3,91	77,70	out-11	3,07	104,00	fev-14	3,80	49,90
jul-09	2,90	29,90	nov-11	7,79	269,00	mar-14	3,35	82,80
ago-09	2,35	17,20	dez-11	11,55	216,70	abr-14	5,10	110,70
set-09	2,02	21,80	jan-12	14,94	224,50	mai-14	3,14	27,80
out-09	8,46	383,00	fev-12	4,23	35,80	jun-14	2,72	17,00
nov-09	7,75	98,30	mar-12	3,08	16,90	jul-14	3,16	65,30
dez-09	9,11	269,70	abr-12	3,33	62,90	ago-14	2,60	23,20
jan-10	4,23	7,80	mai-12	3,18	35,30	set-14	2,10	29,70
fev-10	2,14	39,90	jun-12	2,80	30,10	out-14	2,36	59,40
mar-10	4,38	208,50	jul-12	2,10	8,90	nov-14	4,11	148,90

abr-10	3,71	147,20	ago-12	3,54	3,30	dez-14	3,72	101,30
--------	------	--------	--------	------	------	--------	------	--------

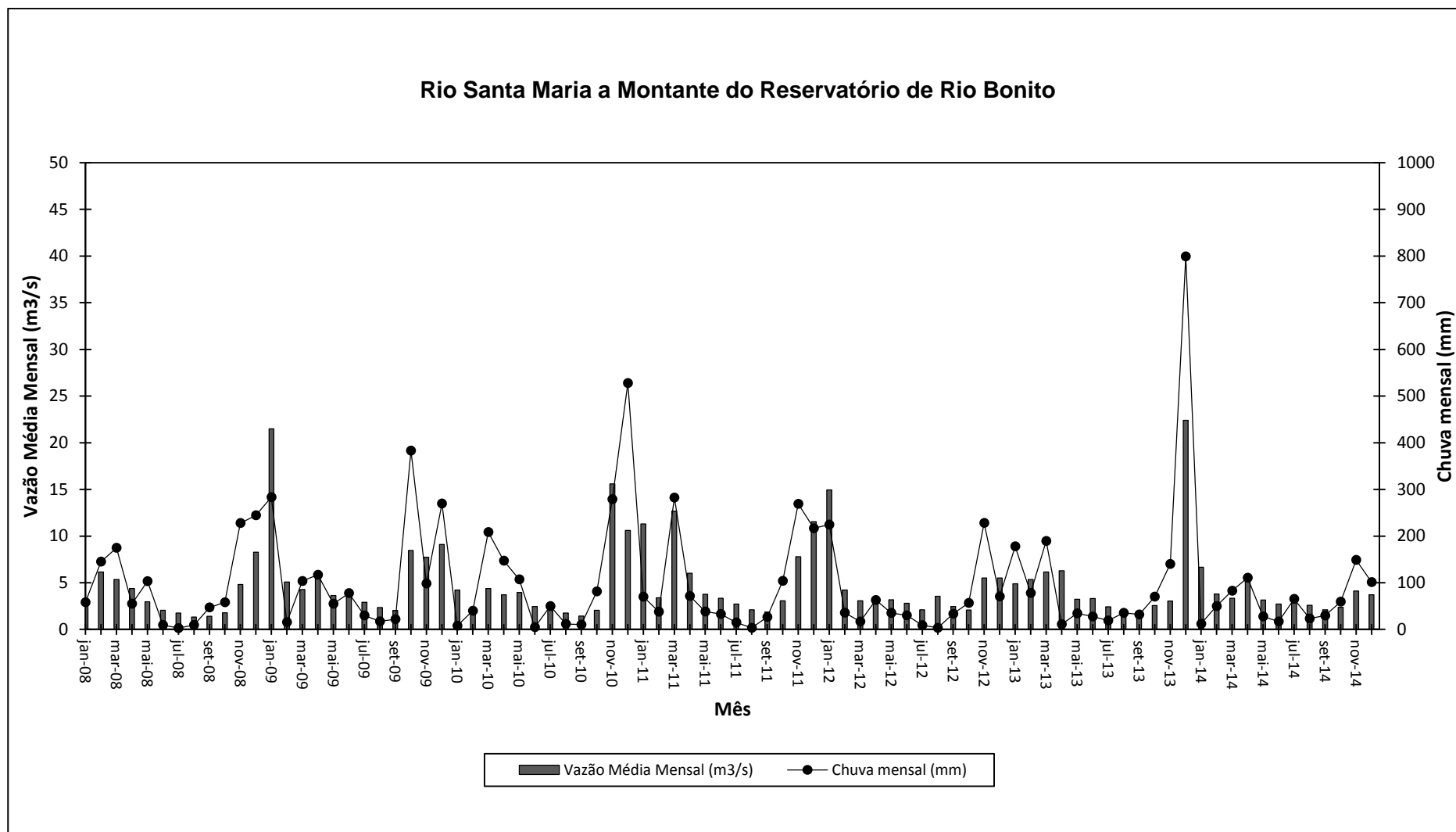


Figura 5- Vazões efluente e precipitações pluviométricas mensais nos anos de 2008 a 2014 referentes ao reservatório Rio Bonito.

No posto pluviométrico mais próximo do reservatório de Rio Bonito, os maiores totais mensais precipitados foram registrados em outubro de 2009 (383 mm); dezembro de 2010 (527,80 mm) e dezembro de 2013 (799,20 mm). O menor total mensal precipitado registrado foi 2,7 mm, em julho de 2008.

Os valores das precipitações pluviométricas totais, médias, máximas e mínimas entre os anos de 2008 e 2014, estão apresentadas na Tabela 11.

Tabela 11 - Valores totais e médias anuais, máximas e mínimas mensais de precipitações pluviométricas no reservatório Rio Bonito entre 2008 a 2014.

Chuva total anual e chuva média mensal			Chuva Máxima mensal		Chuva Mínima mensal	
Data	Total (mm)	Média (mm)	Data (mês)	Chuva máxima (mm)	Data (mês)	Chuva mínima (mm)
2008	1135,60	94,63	Dez-2008	244,50	Jul-2008	2,70
2009	1472,00	122,67	Out-2009	383,00	Fev-2009	15,50
2010	1475,40	122,95	Dez-2010	527,80	Jun-2010	4,80
2011	1167,40	97,28	Mar-2011	282,40	Ago-2011	3,30
2012	806,60	67,22	Nov-2012	228,10	Ago-2012	3,30
2013	1614,40	134,53	Dez-2013	799,20	Abr-2013	11,10
2014	728,00	60,67	Nov-2014	148,90	Jan-2014	12,00

O ano de 2013 apresentou a maior precipitação total anual e média mensal, com os valores de 1614,40 mm e 134,53 mm, respectivamente. Ressalte-se as altas precipitações ocorridas em dezembro de 2013, que resultaram em grande cheia no rio Santa Maria da Vitória e graves prejuízos sociais e econômicos em sua bacia. O ano que apresentou menor precipitação pluviométrica total foi 2012, 806 mm. O menor valor de pluviosidade mensal registrado correspondeu a julho de 2008, 2,70 mm.

A Tabela 12 mostra as médias das precipitações pluviométricas para 1, 3, 7 e 15 dias incluindo as datas de cada campanha realizada no período de 2008 a 2014.

Tabela 12 - Precipitações pluviométricas acumuladas nos dias das campanhas, em três dias, em sete e em quinze dias (continua)

Data da Campanha	Chuva no dia (mm)	Chuva 3 dias (mm)	Chuva 7 dias (mm)	Chuva 15 dias (mm)
28-10-2008	0	0	4,9	35,7
07-12-2008	0	0,9	80,6	157,5
28-02-2009	0	0	7,6	12

04-04-2009 0,4 14,1 27,1 98,2
Tabela 12 -Precipitações pluviométricas acumuladas nos dias das campanhas, em três dias, em sete e em quinze dias (conclusão)

Data da Campanha	Chuva no dia (mm)	Chuva 3 dias (mm)	Chuva 7 dias (mm)	Chuva 15 dias (mm)
05-06-2009	0	15,6	15,6	16,1
07-08-2009	0	0	1,7	1,7
11-11-2010	0	0,2	64,5	117,9
22-02-2011	0	0	0	9,5
17-05-2011	0	0	1	1
23-08-2011	0	0,2	0,2	0,5
26-10-2011	3	18,1	35	83,5
28-02-2012	0	0	3,6	24,5
29-05-2012	0	0	0,5	19,7
21-08-2012	0	0	0	0,3
24-04-2013	0	0	0	5,8
05-07-2013	0	0,5	0,5	2,1
18-10-2013	3,3	3,3	8,6	48,6
15-01-2014	0	0	0	0
24-04-2014	0	3,2	6,2	14,7
04-07-2014	0	0	4,6	4,6

O maior valor de precipitação registrado em dia de campanha ocorreu em 18 de outubro de 2013: 3,3 mm. As maiores precipitações acumuladas em 3 dias corresponderam às campanhas 04/04/2009, 05/06/2009 e 26/10/2011: 14,10 mm; 15,60mm e 18,10 mm, respectivamente. As maiores precipitações acumuladas em 7 dias e 15 dias corresponderam as campanhas de 07/12/2008 e 11/11/2010: 7 dias (80,60 mm e 64,5 mm) e 15 dias (157,5 mm e 177,9 mm).

As precipitações pluviométricas diárias (mm) nos 15 dias anteriores e nos dias das campanhas de monitoramento no reservatório de Rio Bonito são apresentadas em forma de tabelas e gráficos no Apêndice I.

No período estudado (janeiro de 2008 a dezembro de 2014), os maiores valores de vazões registrados nas proximidades do reservatório Rio Bonito foram de: 21,48 m³/s em janeiro de 2009 e 22,40 m³/s em dezembro de 2013, enquanto que o mínimo foi de 1,33 m³/s, referente a agosto de 2008.

As vazões médias anuais, máximas e mínimas mensais, são mostradas na Tabela 13.

Tabela 13 - Vazões médias anuais, máximas e mínimas mensais no reservatório de Rio Bonito

Data	Vazão média anual (m ³ /s)	Data (mês)	Vazão máxima mensal (m ³ /s)	Data (mês)	Vazão mínima mensal (m ³ /s)
2008	3,59	dez-2008	8,26	ago-2008	1,33
2009	6,40	jan-2009	21,48	set-2009	2,02
2010	4,57	nov-2010	15,59	set-2010	1,43
2011	5,80	mar-2011	12,68	set-2011	1,87
2012	4,39	jan-2012	14,94	out-2012	2,08
2013	5,28	dez-2013	22,40	set-2013	1,85
2014	3,57	jan-2014	6,67	set-2014	2,10

Os maiores valores de vazões mensais registrados a montante do reservatório de Rio Bonito ocorreram entre os períodos de novembro e março, enquanto que as menores apresentaram-se entre agosto e outubro. O maior valor de vazão média anual foi registrado no ano de 2009, 6,40 m³/s.

A tabela 14 apresenta as vazões médias referentes às datas das campanhas.

Tabela 14 - Vazões médias nos dias da campanha

Data da Campanha	Vazão no dia (m ³ /s)
28-10-2008	1,35
07-12-2008	5,91
28-02-2009	3,55
04-04-2009	5,41
05-06-2009	3,47
07-08-2009	2,08
11-11-2010	11,98
22-02-2011	3,37
17-05-2011	3,37
23-08-2011	2,10
26-10-2011	4,13
28-02-2012	2,89
29-05-2012	3,02
21-08-2012	4,81
24-04-2013	4,04
05-07-2013	2,76
18-10-2013	2,35
15-01-2014	5,66

24-04-2014
04-07-2014

3,97
2,46

A maior vazão média em dia de campanha correspondeu a de 11/11/2010: 11,98 m³/s.

5.1.2. Reservatório da Usina Hidrelétrica Suíça

Os valores dos totais mensais precipitados e das vazões médias mensais registradas entre 2008 e 2014 em postos pluviométrico e fluviométrico, localizados a montante do reservatório Suíça, são apresentados na Tabela 15 e na Figura 6. Salienta-se que no mês de dezembro de 2013 não houve medição de precipitação volumétrica e de vazão no reservatório Suíça.

Tabela 15 - Vazões mensais afluente ao Reservatório Suíça e precipitações pluviométricas mensais nos anos de 2008 a 2014 (continua)

Data	Vazão (m ³ /s)	Chuva (mm)	Data	Vazão (m ³ /s)	Chuva (mm)	Data	Vazão (m ³ /s)	Chuva (mm)
jan-08	7,66	99,70	mai-10	8,86	90,50	set-12	9,15	29,90
fev-08	11,27	196,60	jun-10	7,68	12,30	out-12	7,40	81,40
mar-08	17,72	210,60	jul-10	9,55	131,50	nov-12	17,36	260,60
abr-08	12,93	92,10	ago-10	6,05	8,60	dez-12	24,74	112,10
mai-08	9,03	33,30	set-10	5,11	15,00	jan-13	11,69	227,10
jun-08	7,06	16,10	out-10	4,62	73,30	fev-13	15,07	72,30
jul-08	6,41	13,10	nov-10	22,00	463,60	mar-13	13,89	235,60
ago-08	3,86	33,40	dez-10	16,03	89,00	abr-13	17,50	159,80
set-08	3,84	26,50	jan-11	34,76	64,00	mai-13	9,66	47,20
out-08	6,11	125,10	fev-11	11,86	74,30	jun-13	9,29	113,60
nov-08	26,33	491,80	mar-11	31,61	210,20	jul-13	8,22	29,50
dez-08	29,85	311,40	abr-11	22,81	191,80	ago-13	7,82	78,70
jan-09	44,36	346,50	mai-11	13,97	14,40	set-13	7,44	32,70
fev-09	19,99	51,70	jun-11	9,07	14,70	out-13	6,78	96,40
mar-09	14,66	85,50	jul-11	10,20	25,60	nov-13	11,34	264,10
abr-09	21,21	189,20	ago-11	5,85	9,50	jan-14	25,94	32,10
mai-09	13,10	29,40	set-11	5,35	113,80	fev-14	14,02	108,90

jun-09	15,01	76,60	out-11	8,12	141,60	mar-14	10,00	116,60
jul-09	6,17	32,10	nov-11	14,53	310,50	abr-14	14,60	146,40
ago-09	5,07	60,60	dez-11	40,27	312,30	mai-14	9,15	35,00
set-09	3,09	33,00	jan-12	52,15	300,60	jun-14	8,09	52,60

Tabela 17 - Vazões mensais afluente ao Reservatório Suíça e precipitações pluviométricas mensais nos anos de 2008 a 2014 (conclusão)

Data	Vazão (m ³ /s)	Chuva (mm)	Data	Vazão (m ³ /s)	Chuva (mm)	Data	Vazão (m ³ /s)	Chuva (mm)
out-09	8,55	210,90	fev-12	18,60	77,30	jul-14	8,56	96,50
nov-09	14,35	19,90	mar-12	9,60	50,50	ago-14	10,85	93,00
dez-09	21,95	51,90	abr-12	17,26	151,00	set-14	6,14	20,40
jan-10	12,93	0,00	mai-12	8,83	88,00	out-14	5,59	75,60
fev-10	3,28	30,80	jun-12	9,27	129,10	nov-14	7,45	110,10
mar-10	9,11	198,90	jul-12	6,16	35,90	dez-14	11,73	81,90
abr-10	8,59	105,60	ago-12	22,90	314,50			

* não foram registradas vazões em dezembro de 2013, ocasião de grande cheia no rio Santa Maria da Vitória.

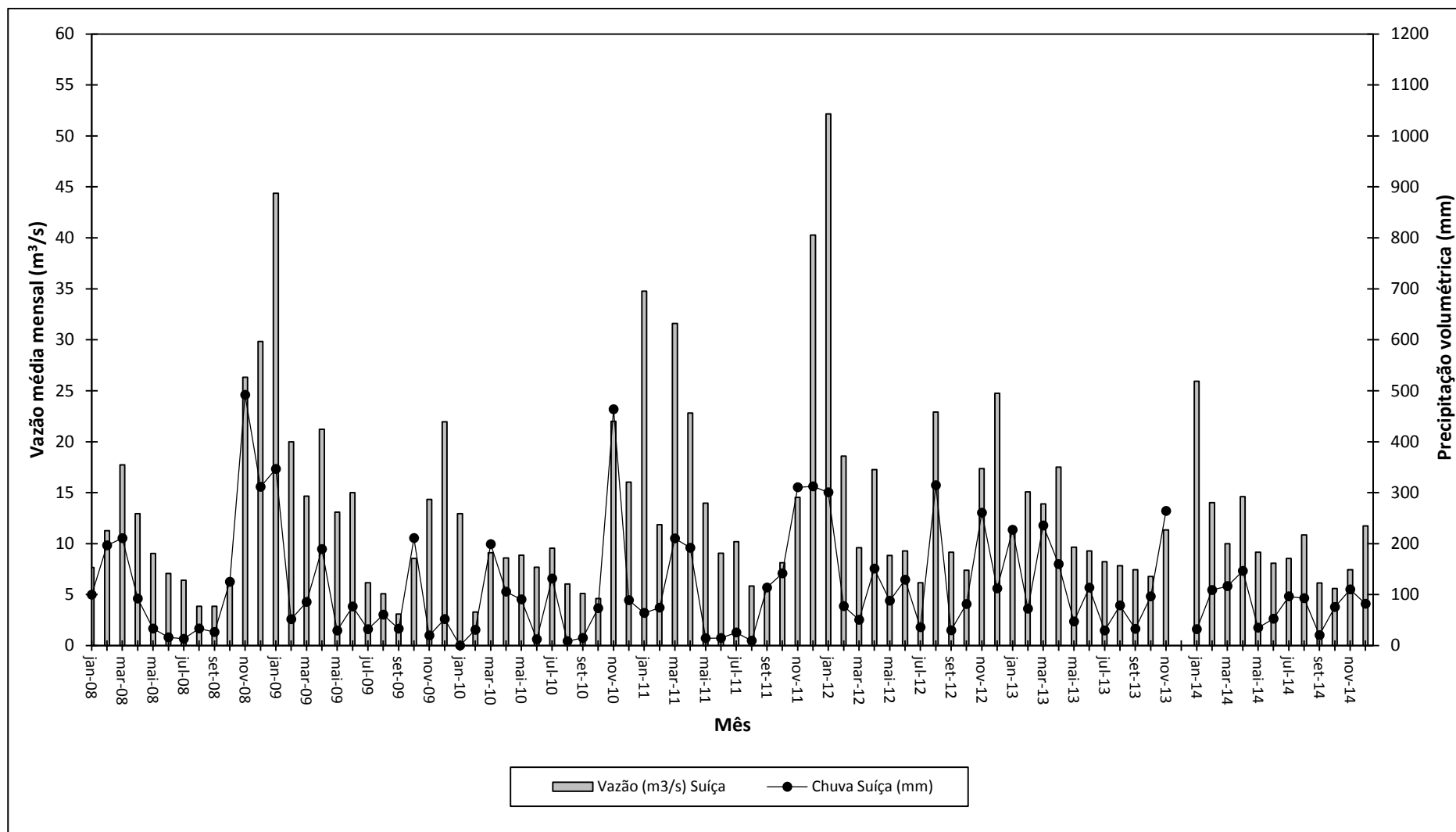


Figura 6 - Vazões afluentes e precipitações pluviométricas mensais nos anos de 2008 a 2014

No posto pluviométrico mais próximo do reservatório Suíça, nos meses de novembro de 2008, janeiro de 2009 e novembro de 2010 foram registrados os maiores totais mensais precipitados (491,80 mm, 346,50 mm e 463,60 mm, respectivamente).

As precipitações pluviométricas totais, médias, máximas e mínimas nas proximidades do reservatório Suíça referentes aos anos de 2008 a 2014, estão apresentadas na Tabela 16.

Tabela 16 - Precipitações pluviométricas totais, médias mensais, máximos e mínimos no Reservatório Suíça

Chuva total anual e chuva média mensal			Chuva máxima		Chuva mínima	
Data	Total (mm)	Média mensal (mm)	Data (mês)	Chuva máxima (mm)	Data (mês)	Chuva mínima (mm)
2008	1649,70	137,48	Nov-2008	491,80	Jul-2008	13,10
2009	1187,30	98,94	Jan-2009	346,50	Nov-2009	19,90
2010	1219,10	101,59	Nov-2010	463,60	Jan-2010	0,00
2011	1482,70	123,56	Dez-2011	312,30	Ago-2011	9,50
2012	1630,90	135,91	Ago-2012	314,50	Set-2012	29,90
2013	1357,00	123,36	Nov-2013	264,10	Jul-2013	29,50
2014	969,10	80,76	Abr-2014	146,40	Set-2014	20,40

No ano de 2008 foram registradas as maiores precipitações total anual e média mensal, 1649,70 mm e 137,48 mm, respectivamente. A menor precipitação pluviométrica total registrada foi no ano de 2014 (969,10 mm).

A partir de estudos de Trindade (2011) sobre a série histórica de precipitações pluviométricas para a estação mais próxima do reservatório Suíça, que abrange o período 1960 a 2009, a autora relatou que o semestre com maior precipitação pluviométrica correspondeu aos meses de outubro a março e o semestre com menores precipitações abrangeu os meses de abril a setembro. O mesmo pode ser afirmado para o período de 2010 a 2014.

A Tabela 17 mostra as médias das precipitações pluviométricas para 1, 3, 7 e 15 dias incluindo as datas de cada campanha realizada no período de 2008 a 2014.

Tabela 17 - Precipitações pluviométricas acumuladas nos dias da campanha, em três dias, em sete dias e quinze dias

Data da campanha	Chuva no dia (mm)	Chuva 3 dias (mm)	Chuva 7 dias (mm)	Chuvvas 15 dias (mm)
28/10/2008	0,00	0,00	22,70	60,80
07/12/2008	0,00	2,40	37,50	301,50
28/02/2009	0,00	3,70	3,70	34,50
05/04/2009	14,90	18,00	67,30	123,00
06/06/2009	0,00	0,00	24,30	24,30
07/08/2009	0,00	0,00	6,60	6,60
09/11/2010	0,00	57,40	116,10	319,70
22/02/2011	0,00	0,00	5,30	7,30
17/05/2011	0,00	0,00	2,80	2,80
23/08/2011	1,90	1,90	1,90	5,50
26/10/2011	0,30	9,70	69,00	121,20
27/02/2012	0,00	0,00	3,10	64,00
29/05/2012	0,00	0,00	4,20	19,10
24/08/2012	3,90	13,90	127,30	236,80
29/04/2013	0,30	0,30	0,30	0,70
05/07/2013	0,00	0,40	0,40	6,60
17/10/2013	0,00	0,20	27,40	91,70
31/01/2014	0,00	4,50	4,50	21,60
24/04/2014	0,00	1,80	1,80	29,40
03/07/2014	0,00	0,00	1,00	4,80

A maior precipitação no dia da campanha foi registrada em 05 de abril de 2009, 14,90 mm. As maiores precipitações acumuladas em 3, 7 e 15 dias corresponderam à campanha do dia 09/11/2010, com os valores: 57,40 mm; 116,10 mm e 319,70 mm, respectivamente.

As precipitações pluviométricas diárias (mm) nos 3, 7 e 15 dias anteriores, assim como nos dias das campanhas de monitoramento no reservatório Suíça apresentam-se tanto na forma de tabelas quanto gráficos no Apêndice I.

As vazões médias, máximas e mínimas mensais, são apresentadas na Tabela 18.

Tabela 18 - Vazões médias, máximas e mínimas mensais no reservatório Suíça (continua)

Data	Vazão Média (m ³ /s)	Data (mês)	Vazão máxima (m ³ /s)	Data (mês)	Vazão mínima (m ³ /s)
2008	11,84	dez-2008	29,85	set-2008	3,84
2009	15,63	jan-2009	44,36	set-2009	3,09
2010	9,48	nov-2010	22,00	fev-2010	3,28

Tabela 18 - Vazões médias, máximas e mínimas mensais no reservatório Suíça (conclusão)

Data	Vazão Média (m ³ /s)	Data (mês)	Vazão máxima (m ³ /s)	Data (mês)	Vazão mínima (m ³ /s)
2011	17,37	dez-2011	40,27	set-2011	5,35
2012	16,95	jan-2012	52,15	jul-2012	6,16
2013	10,79	abr-2013	17,50	out-2013	6,78
2014	11,01	jan-2014	25,94	out-2014	5,59

As maiores vazões registradas nas proximidades do reservatório Suíça (período de 2008 a 2014) foram: 44,36 m³/s em janeiro de 2009 e 52,15 m³/s em janeiro de 2012, enquanto que a mínima foi de 3,09 m³/s, referente a setembro de 2009.

A Tabela 19 apresenta as vazões médias correspondentes aos dias das campanhas no posto fluviométrico situado a montante do reservatório Suíça.

Tabela 19 - Vazões médias nos dias das campanhas

Data da campanha	Vazão no dia (m ³ /s)
28/10/2008	3,78
07/12/2008	27,98
28/02/2009	14,02
05/04/2009	19,28
06/06/2009	13,37
07/08/2009	4,92
09/11/2010	23,87
22/02/2011	9,09
17/05/2011	11,96
23/08/2011	4,92
26/10/2011	9,09
27/02/2012	17,42
29/05/2012	8,30
24/08/2012	28,79
29/04/2013	10,74
05/07/2013	8,15
17/10/2013	6,67
31/01/2014	11,26
24/04/2014	9,73
03/07/2014	7,69

A maior vazão média no dia da campanha corresponde a de 24/08/2012, com valor de 28,79 m³/s.

5.2. Variáveis Limnológicas

5.2.1. Pontos Monitorados no Reservatório Rio Bonito

Fósforo total

A Tabela 20 e Figura 7 apresentam valores de fósforo total registrados entre os anos de 2008 e 2014 em pontos localizados no interior do Reservatório Rio Bonito (pontos 2 e 7), assim como as médias por campanha. Salienta-se que para o mês de agosto de 2012 não há registros de dados de monitoramento das variáveis limnológicas no Ponto 2.

Tabela 20 - Valores de fósforo total observados nos pontos situados no interior do reservatório de Rio Bonito

Mês/Ano	Fósforo Total (mg/l)		
	Ponto 2	Ponto 7	Média por campanha para os dois pontos
out-08	0,020	0,027	0,023
dez-08	0,030	0,030	0,030
fev-09	0,009	0,007	0,008
abr-09	0,017	0,021	0,019
jun-09	0,010	0,016	0,013
ago-09	0,001	0,016	0,009
nov-10	0,070	0,080	0,075
fev-11	0,040	0,140	0,090
mai-11	0,040	0,060	0,050
ago-11	0,030	0,010	0,020
out-11	0,010	0,020	0,015
fev-12	0,050	0,010	0,030
mai-12	0,010	0,780	0,395
ago-12	-	0,100	0,100
abr-13	0,012	0,007	0,010
jul-13	0,001	0,001	0,001
out-13	0,067	0,062	0,065
jan-14	0,002	0,004	0,003
abr-14	0,002	0,004	0,003
jul-14	0,008	0,031	0,020
Mínimo	0,001	0,001	0,001
Médio	0,023	0,071	0,070
Máximo	0,070	0,780	0,395

*Valor registrado somente no ponto 7

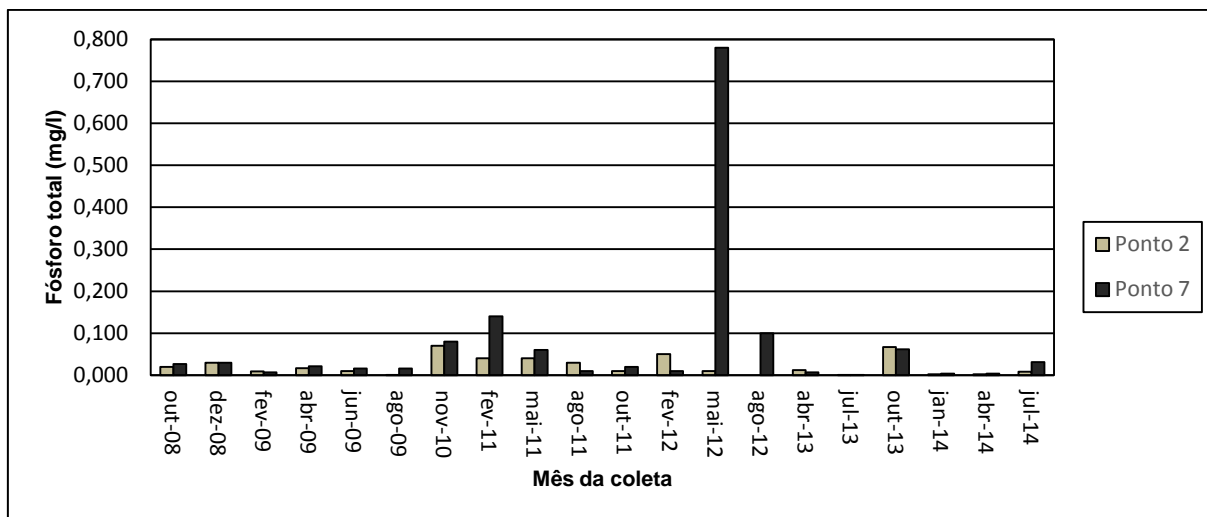


Figura 7 - Concentrações de fósforo total nos pontos situados no interior do reservatório

Considerando os valores registrados nos dois pontos monitorados no reservatório de Rio Bonito, a média de fósforo total calculada para o reservatório, entre 2008 e 2014, foi 0,07 mg/l, a mínima foi 0,001 mg/l, registrada em agosto de 2009, no ponto 2, e em julho de 2013, nos pontos 2 e 7. A máxima, 0,078 mg/l, correspondeu ao ponto 7, em maio de 2012.

Cabe observar que em maio de 2012 o ponto 7 apresentou valor de concentração de fósforo total muito elevado, se comparado com valores de concentração de fósforo total registrados em outros pontos de monitoramento na PCH de Rio Bonito no mês supracitado.

Dentre as campanhas registradas nos anos de 2008 a 2014, as que apresentaram as maiores concentrações médias foram as realizadas em novembro de 2010, fevereiro de 2011, maio de 2012 e outubro de 2013, nas quais valores das concentrações médias foram de 0,075 mg/l, 0,090 mg/l, 0,395 mg/l e 0,065 mg/l, respectivamente. Com exceção de maio de 2012, as maiores concentrações médias corresponderam a períodos chuvosos. Nas outras campanhas as concentrações médias variaram entre 0,003 mg/l e 0,100 mg/l.

Os valores médios de concentrações no interior do reservatório nas campanhas de novembro de 2010, fevereiro de 2011, maio de 2011, maio de 2012 e outubro de 2013, foram superiores a 0,030mg/l, limite máximo preconizado pela Resolução CONAMA 357/05 para as águas doces de Classe 2 em ambientes lênticos.

Nitrogênio Total

A Tabela 21 e a Figura 8 mostram as concentrações de nitrogênio total nos pontos localizados no interior do reservatório Rio Bonito.

Tabela 21 - Valores de nitrogênio total nos pontos situados no interior do reservatório de Rio Bonito

Mês/Ano	Nitrogênio Total (mg/l)		
	Ponto 2	Ponto 7	Média por campanha para os dois pontos
out-08	0,14	0,42	0,28
dez-08	1,35	0,50	0,93
fev-09	0,86	1,00	0,93
abr-09	0,73	1,40	1,06
jun-09	0,93	1,00	0,96
ago-09	6,07	2,84	4,45
nov-10	1,00	2,00	1,50
fev-11	3,00	2,00	2,50
mai-11	6,00	5,00	5,50
ago-11	4,10	4,04	4,07
out-11	4,40	5,40	4,90
fev-12	5,00	5,00	5,00
mai-12	17,00	2,00	9,50
ago-12*	-	1,00	1,00
abr-13	1,50	1,30	1,40
jul-13	1,30	1,40	1,35
out-13	0,40	3,00	1,70
jan-14	0,36	0,42	0,39
abr-14	1,88	1,20	1,54
jul-14	1,40	0,95	1,17
Mínimo	0,14	0,42	0,28
Médio	3,02	2,09	2,51
Máximo	17,00	5,40	9,50

*Valor registrado somente no ponto 7

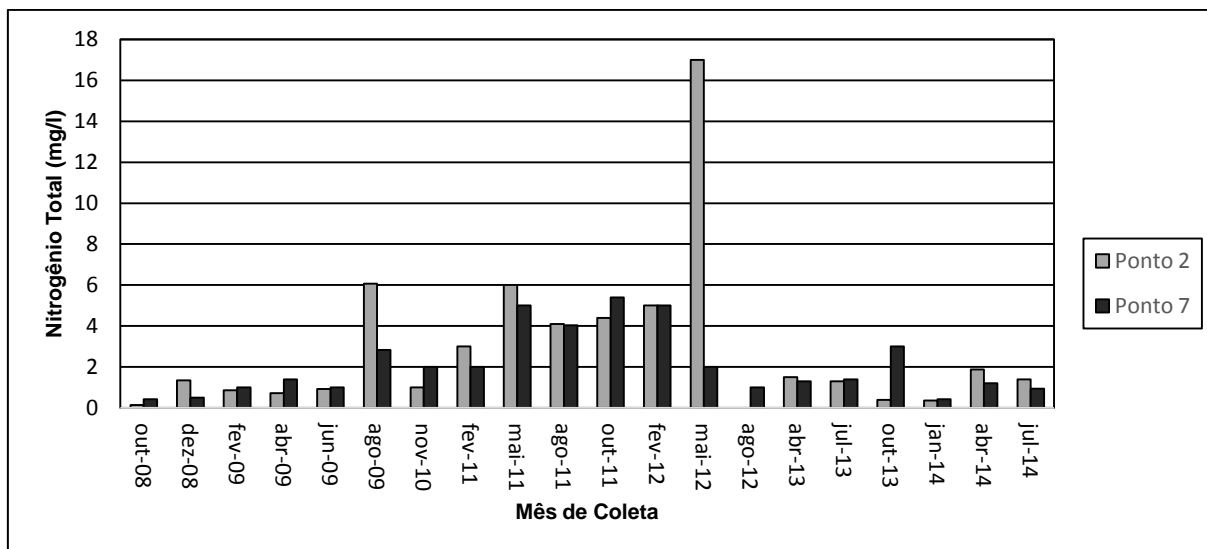


Figura 8 - Concentrações de nitrogênio total nos pontos situados no interior do reservatório de Rio Bonito

O menor valor de nitrogênio total registrado no interior do reservatório de Rio Bonito foi 0,14 mg/l, em outubro de 2008, no ponto 2. O valor máximo foi 17,0 mg/l em maio de 2012, no ponto 2. O valor médio, considerando os dois pontos em todas as campanhas, correspondeu a 2,51 mg/l.

Cabe observar que na campanha de maio de 2012, o ponto 2 apresentou valor de concentração de nitrogênio total muito elevado, se comparado com valores monitorados de concentração de nitrogênio total em outros pontos da PCH do Rio Bonito no mês supracitado.

Considerando as médias dos valores das concentrações de nitrogênio total registrados nos dois pontos (2 e 7) por campanha, a maior média foi 9,50 mg/l, na campanha realizada em maio de 2012. As concentrações médias das outras campanhas variaram entre 5,50 mg/l, maio de 2011, a 0,280 mg/l, outubro de 2008.

A Resolução CONAMA 357/05 preconiza que para as águas doces classes 1 e 2, a concentração de nitrogênio total não deverá ultrapassar 1,27 mg/l para ambientes lênticos, quando o nitrogênio for fator limitante para eutrofização, nas condições estabelecidas pelo órgão ambiental competente. Assim, os valores médios de nitrogênio total correspondentes às campanhas dos meses de agosto de 2009, novembro de 2010, fevereiro, maio, agosto e outubro de 2011, fevereiro e maio de 2012, abril, julho e outubro de 2013 e abril de 2014 ultrapassariam o limite máximo

indicado pela resolução para ambientes lênticos, caso esse nutriente fosse o limitante da eutrofização.

Clorofila-a

A clorofila-a, nos ecossistemas aquáticos, por ser o principal pigmento responsável pelo processo de fotossíntese, é considerada como um indicador do estado trófico dos ambientes aquáticos, pois indica a biomassa de algas presentes no corpo hídrico (BUZELLI; DA CUNHA-SANTINO, 2013).

A Tabela 22 e Figura 9 apresentam as concentrações de clorofila-a na superfície da coluna d'água do reservatório de Rio Bonito.

Tabela 22 - Valores de clorofila-a na superfície da coluna d'água nos pontos no interior do reservatório de Rio Bonito

Mês/Ano	Clorofila-a (µg/l)		
	Ponto 2	Ponto 7	Média por campanha
out-08	1,092	0,027	0,559
dez-08	0,819	0,030	0,424
fev-09	4,875	0,007	2,441
abr-09	5,144	0,021	2,583
jun-09	3,997	0,016	2,007
ago-09	0,546	0,016	0,281
nov-10	12,600	0,080	6,340
fev-11	3,700	0,140	1,920
mai-11	1,300	0,060	0,680
ago-11	9,100	<0,10	4,555
out-11	0,270	0,020	0,145
fev-12	2,050	0,010	1,030
mai-12	0,320	0,780	0,550
ago-12*	-	0,100	0,100
abr-13	1,400	0,007	0,704
jul-13	10,400	0,001	5,201
out-13	20,200	0,062	10,131
jan-14	4,096	0,004	2,050
abr-14	6,000	0,004	3,002
jul-14	0,810	0,031	0,421
Mínimo	0,270	<0,1	0,100
Médio	4,669	0,71	2,256
Máximo	20,200	0,780	10,131

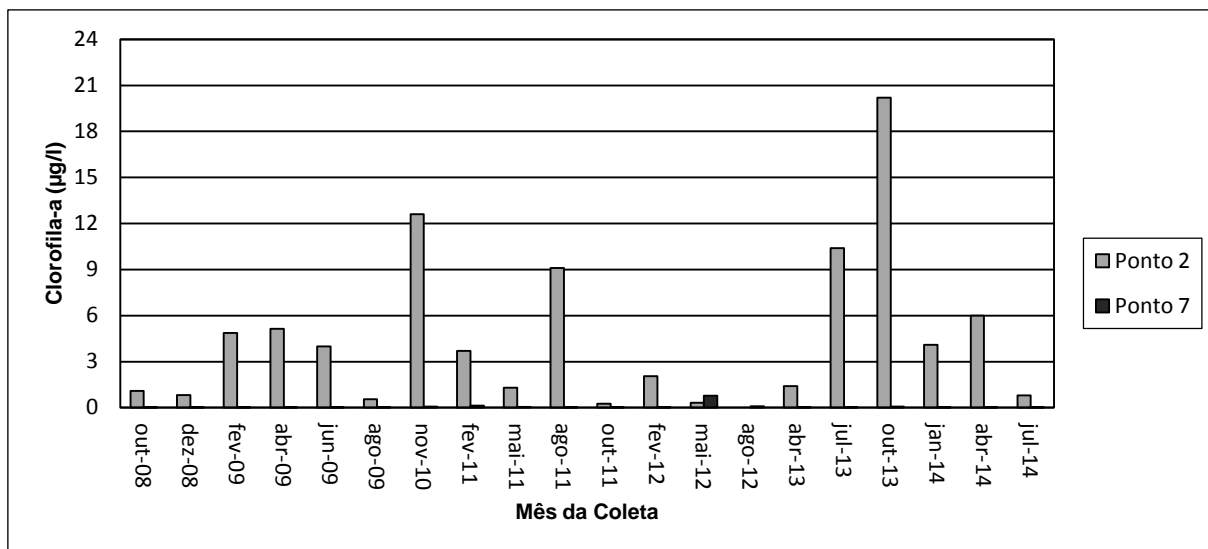


Figura 9 - Concentrações de clorofila-a na superfície da coluna d'água, nos pontos situados no interior do reservatório de Rio Bonito

A menor concentração de clorofila-a registrada foi 0,001 µg/l, em julho de 2013, no ponto 7, enquanto a maior concentração correspondeu a 20,20 µg/l, em outubro de 2013, no ponto 2. O valor médio, para todos os pontos, foi 2,256 µg/l.

A maior concentração de clorofila-a na superfície do reservatório correspondeu à campanha realizada em outubro de 2013 (10,131 µg/l), período de chuvas. Nas outras campanhas os valores das concentrações de clorofila-a variaram de 0,10 µg/l a 6,34 µg/l.

De acordo com a resolução CONAMA 357/05, o valor limite para a concentração de clorofila-a é 30 µg/l para corpos d'água Classe 2. Desta forma, todas as concentrações de clorofila-a registradas nas campanhas nos dois pontos (2 e 7), localizados no interior do reservatório, estiveram abaixo deste limite.

Oxigênio Dissolvido

A Tabela 23 e a Figura 10 apresentam as concentrações de oxigênio dissolvido (OD) nos pontos situados no interior do reservatório de Rio Bonito.

Tabela 23 - Valores de oxigênio dissolvido no interior do reservatório de Rio Bonito

Mês/Ano	Oxigênio Dissolvido (mg/l O ₂)		
	Ponto 2	Ponto 7	Média por campanha
out-08	8,9	9,3	9,1
dez-08	6,2	8,2	7,2
fev-09	8,9	8,7	8,8
abr-09	5,4	9,8	7,6
jun-09	6,2	7,9	7,1
ago-09	8,5	6,9	7,7
nov-10	8,2	6,8	7,6
fev-11	6,1	6,6	6,4
mai-11	5,5	7,7	6,6
ago-11	8,2	7,0	7,6
out-11	7,3	2,9	5,1
fev-12	6,3	5,3	5,8
mai-12	10,1	9,5	9,8
ago-12*	-	8,0	8,0
abr-13	5,3	6,6	5,9
jul-13	6,7	7,0	6,8
out-13	8,9	9,5	9,2
jan-14	6,5	6,6	6,5
abr-14	7,7	7,9	7,8
jul-14	5,2	6,9	6,1
Mínimo	5,2	2,9	2,1
Médio	7,2	7,5	7,3
Máximo	10,1	9,8	9,8

* Valor registrado somente no ponto 7

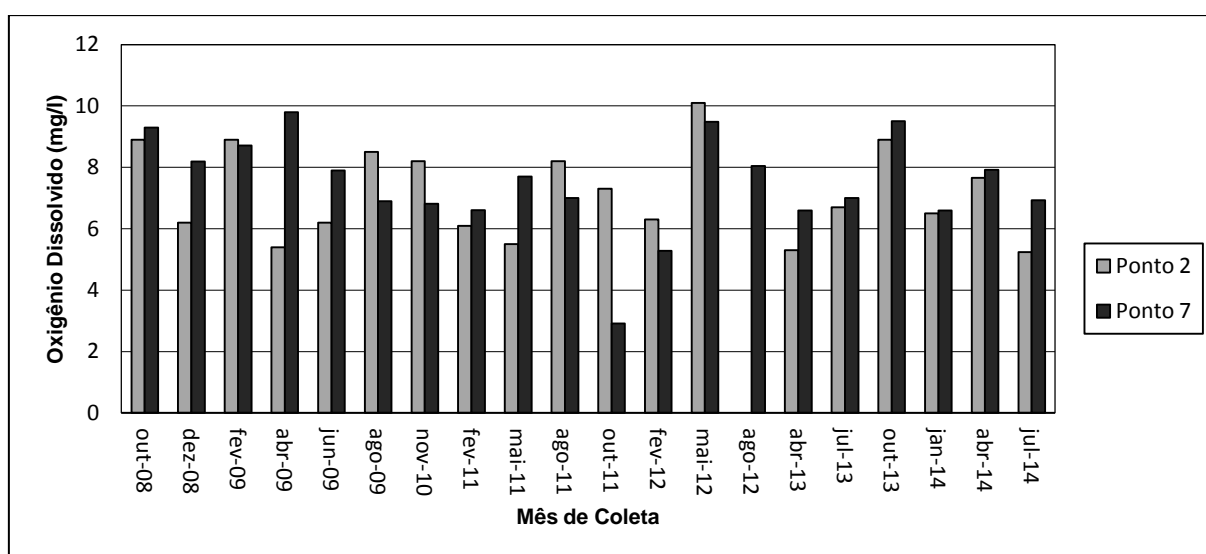


Figura 10 - Concentrações de oxigênio dissolvido no interior do reservatório de Rio Bonito

O maior valor de oxigênio dissolvido registrado foi 10,1 mg/l, no ponto 2, em maio de 2012, enquanto o menor foi 2,9 mg/l, no ponto 7, em outubro de 2011.

Considerando a médias dos valores do parâmetro oxigênio dissolvido nos dois pontos por campanha, estas variaram entre 5,1 mg/l, em outubro de 2011, e 9,8 mg/l, em maio de 2012.

De acordo com a resolução CONAMA nº 357, de março de 2005, para águas de classe 2, a concentração de oxigênio dissolvido não deve ser inferior a 5mg/l. Logo, apenas no mês de outubro de 2011, no ponto 7, a concentração de oxigênio dissolvido apresentou valor inferior ao limite mínimo preconizado pela resolução, 2,9 mg/l.

A partir de cálculos para a concentração de saturação, segundo APHA (1985), o valor encontrado para o reservatório de Rio Bonito foi de 8,5 mg/l. Dessa forma, considerando as campanhas realizadas nos pontos 2 e 7, as concentrações de oxigênio dissolvido foram iguais ou superiores a concentração de saturação (8,5 mg/l) para cinco campanhas (26,3 % e 25 %).

Segundo CETESB (2009), águas poluídas, normalmente, são definidas como aquelas que apresentam baixa concentração de oxigênio dissolvido (devido ao seu consumo na decomposição de compostos orgânicos), enquanto que as águas limpas apresentam concentrações de oxigênio dissolvido elevadas, chegando até a um pouco abaixo da concentração de saturação. No entanto, uma água eutrofizada pode apresentar concentrações de oxigênio superiores a concentração de saturação, mesmo em temperaturas superiores a 20°C, caracterizando uma situação de supersaturação. Isto ocorre principalmente em lagos de baixa velocidade, onde chegam a se formar crostas verdes de algas à superfície.

Transparência

Valores de transparência medidos nos pontos de monitoramento situados no interior do reservatório de Rio Bonito são apresentados na Tabela 24 e na Figura 11.

Tabela 24 - Valores de transparência em pontos situados no interior do reservatório de Rio Bonito

Mês/Ano	Transparência (m)		
	Ponto 2	Ponto 7	Média por campanha
out-08	0,6	0,7	0,7
dez-08	0,5	0,5	0,5
fev-09	0,9	1,0	1,0
abr-09	0,4	1,4	0,9
jun-09	2,1	1,0	1,5
ago-09	1,0	1,0	1,0
nov-10	1,1	0,9	1,0
fev-11	0,9	0,3	0,6
mai-11	1,2	0,7	0,9
ago-11	1,5	1,5	1,5
out-11	0,2	0,2	0,2
fev-12	0,6	0,5	0,6
mai-12	0,5	0,5	0,5
ago-12*	-	0,2	0,2
abr-13	0,7	0,5	0,6
jul-13	2,4	1,8	2,1
out-13	1,5	1,0	1,3
jan-14	1,0	0,3	0,7
abr-14	1,0	0,4	0,7
jul-14	3,6	0,8	2,2
Mínimo	0,2	0,2	0,2
Médio	1,1	0,8	0,9
Máximo	3,6	1,8	2,2

*Valor registrado somente no ponto 7

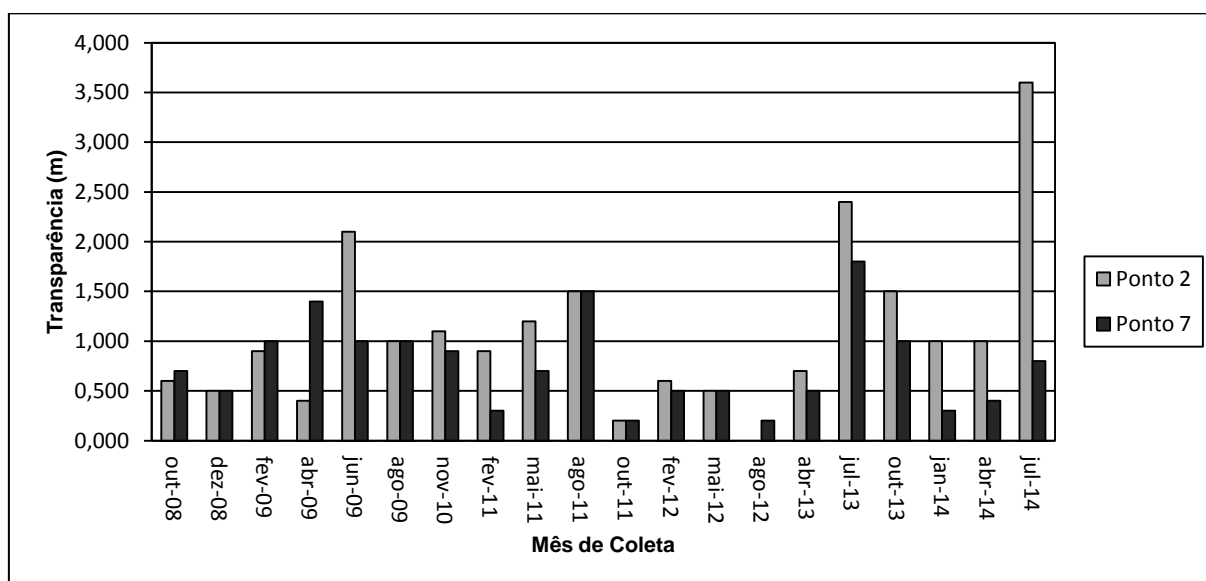


Figura 11 - Valores de transparência nos pontos situados no interior do reservatório de Rio Bonito

Os menores valores de transparência registrados no reservatório de Rio Bonito corresponderam a outubro de 2011, nos pontos 2 e 7, e agosto de 2012, no ponto 7, 0,200 m. Os maiores valores de transparência corresponderam a meses de baixa precipitação: junho de 2009, julho 2013 e julho de 2014, no ponto 2 (2,100 m, 2,400 m e 3,600m, respectivamente).

Considerando as médias dos valores de transparência nos dois pontos (2 e 7) em cada campanha, o maior valor foi 2,200 m, referente ao mês de julho de 2014, período de baixa precipitação, enquanto que o menor foi 0,200 m, correspondente a outubro de 2011, período de alta precipitação.

Turbidez

A Tabela 25 e a Figura 12 mostram valores de Turbidez registrados nos pontos localizados no interior do Reservatório de Rio Bonito.

Tabela 25 - Valores de turbidez nos pontos situados no interior do reservatório de Rio Bonito

Mês/Ano	Turbidez (UNT)		Média por campanha
	Ponto 2	Ponto 7	
out-08	2,40	4,00	3,20
dez-08	27,70	26,00	26,85
fev-09	6,00	6,00	6,00
abr-09	4,60	4,40	4,50
jun-09	2,70	5,70	4,20
ago-09	2,00	9,00	5,50
nov-10	3,27	32,60	17,94
fev-11	1,27	7,22	4,24
mai-11	1,71	2,00	1,86
ago-11	3,60	30,00	16,80
out-11	10,10	55,00	32,55
fev-12	3,80	33,00	18,40
mai-12	2,20	12,80	7,50
ago-12*	-	44,80	44,80
abr-13	15,63	5,84	10,74
jul-13	1,88	1,13	1,51
out-13	37,15	36,09	36,62
jan-14	2,45	15,85	9,15
abr-14	4,34	24,20	14,27
jul-14	2,48	4,19	1,51
Médio	7,12	17,99	11,75
Máximo	37,15	55,00	36,62
Mínimo	1,27	1,13	1,51

*Valor registrado somente no ponto 7

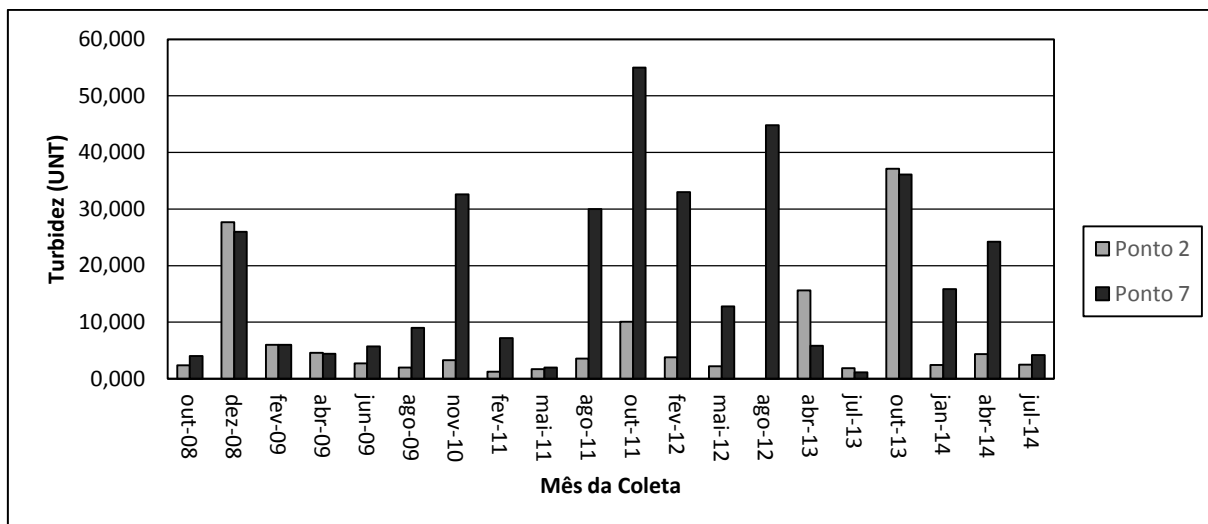


Figura 12 - Valores de turbidez nos pontos situados no interior do reservatório de Rio Bonito

O maior valor de turbidez no interior do reservatório de Rio Bonito correspondeu ao mês de outubro de 2011, no ponto 7, 55,00 UNT, referente a período de alta precipitação. O menor valor de turbidez registrado foi 1,130 UNT, em julho de 2013, no ponto 7, referente a período de baixa precipitação.

A Resolução CONAMA nº 357/05 considera como limite máximo de turbidez para águas de classe 2, o valor de 100 UNT. Os valores registrados no monitoramento considerado apresentaram-se abaixo deste limite.

Temperatura da água

Valores de temperatura superficial da água registrados nos pontos localizados no interior do reservatório de Rio Bonito são apresentados na Tabela 26 e na Figura 13.

Tabela 26 - Valores de temperatura da água nos pontos localizados no interior do reservatório de Rio Bonito (continua)

Mês/Ano	Temperatura da Água (°C)		
	Ponto 2	Ponto 7	Média por campanha
out-08	22,0	26,5	24,3
dez-08	23,5	23,1	23,3
fev-09	27,2	30,2	28,7
abr-09	25,9	25,8	25,8
jun-09	21,8	21,2	21,5
ago-09	20,4	21,2	20,8
nov-10	25,1	23,1	24,1
fev-11	29,0	27,2	28,1
mai-11	23,7	23,6	23,7

Tabela 26 - Valores de temperatura da água nos pontos localizados no interior do reservatório de Rio Bonito (conclusão)

Temperatura da Água (°C)			
Mês/Ano	Ponto 2	Ponto 7	Média por campanha
ago-11	20,7	19,7	20,2
out-11	20,9	19,1	20,0
fev-12	26,2	26,1	26,2
mai-12	25,2	22,0	23,6
ago-12	-	19,2	19,2
abr-13	20,5	20,3	20,4
jul-13	21,0	20,7	20,9
out-13	22,9	21,5	22,2
jan-14	27,7	28,4	28,1
abr-14	25,2	24,2	24,7
jul-14	23,2	21,7	20,0
Médio	23,8	23,2	23,5
Máximo	29,0	30,2	28,7
Mínimo	20,4	19,1	20,0

*Valor registrado somente no ponto 7

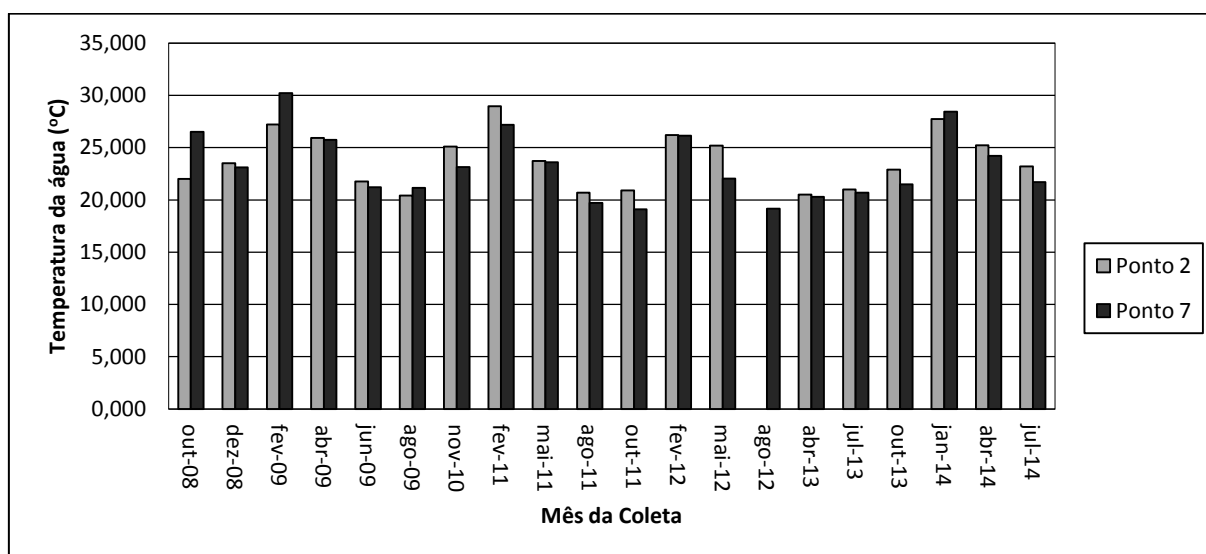


Figura 13 - Valores de temperatura da água nos pontos localizados no interior do Reservatório de Rio Bonito

O maior valor de temperatura da água registrado na superfície do reservatório ocorreu em fevereiro de 2009, no ponto 7, 30,21 °C, enquanto que o menor correspondeu a outubro de 2011, no ponto 7, 19,10 °C. A temperatura média, considerando as médias dos valores registrados nos dois pontos, foi 23,50 °C.

O maior valor médio de temperatura por campanha foi 28,7 °C, no mês de fevereiro de 2009, e o valor mínimo, 20,0 °C, referente aos meses de outubro de 2011 e julho de 2014.

Coliformes Termotolerantes

Valores de Coliformes Termotolerantes no interior do reservatório de Rio Bonito são apresentados na Tabela 27 e na Figura 14.

Tabela 27 – Concentrações de Coliformes Termotolerantes no interior do reservatório de Rio Bonito

Coliformes Termotolerantes (UFC/100 ml)			
Mês/Ano	Ponto 2	Ponto 7	Média por campanha
out-08	4.300	2.800	3.550
dez-08	-	78	-
fev-09	20	18	19
abr-09	350	46	198
jun-09	1,8	20	10,9
ago-09	110	92	101
nov-10	8,5	365,4	186,9
fev-11	18,3	816,4	417,3
mai-11	13,5	236	124,7
ago-11	115,4	1.986,3	1.050,8
out-11	7,5	2.419,6	1.213,5
fev-12	7,4	435,2	221,3
mai-12	<1,0	1.413,6	707,3
ago-12*	-	365,4	365,4
abr-13	3.500	20,0	1.760
jul-13	18	40,0	29
out-13	16.000	1.400	8.700
jan-14	18	20	19
abr-14	20	130	75
jul-14	18	78	48
Médio	1.362,6	639	1.024
Máximo	16.000	2.800	8.700
Mínimo	1,00	18,	10,9

*Valor registrado somente no ponto 7

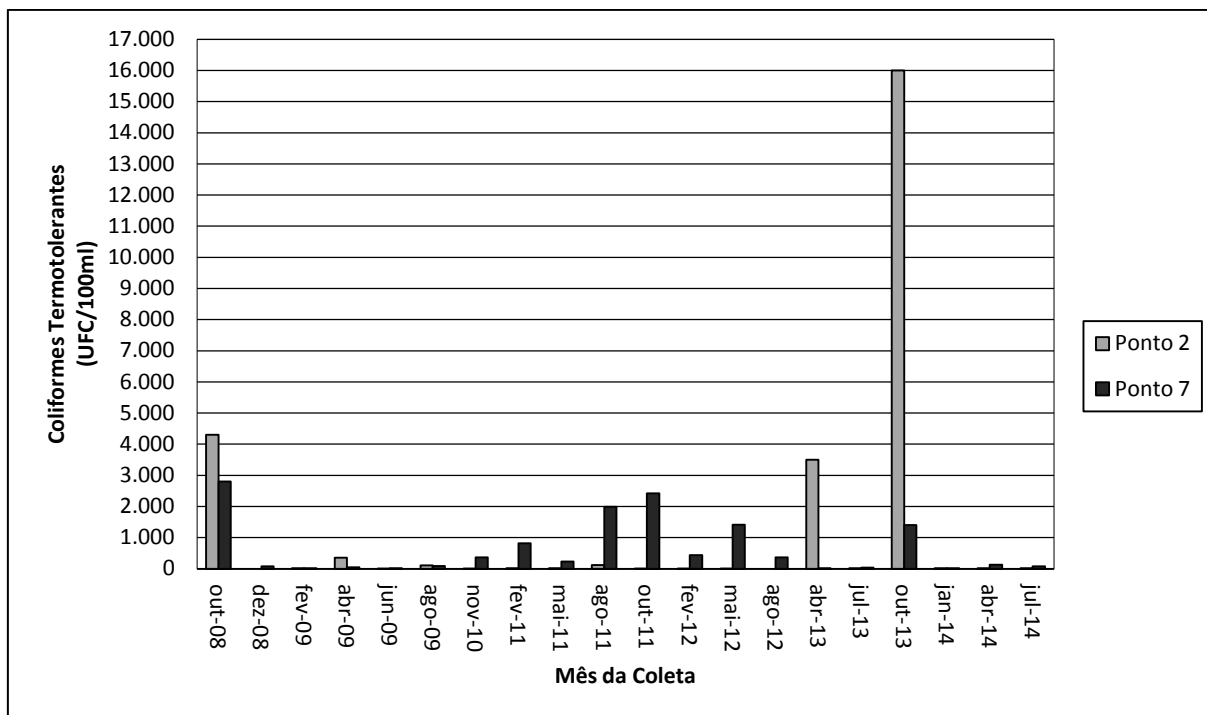


Figura 14 - Concentrações de Coliformes Termotolerantes no interior do reservatório de Rio Bonito

Considerando todos os pontos monitorados, a menor concentração de Coliformes Termotolerantes registrada foi inferior a 1 UFC/100 ml. O valor médio foi 1.024 UFC/100ml, enquanto que o máximo, 16.000 UFC/100ml, correspondeu a outubro de 2013, no ponto 2.

A resolução CONAMA nº 357/05 para águas de classe 2, considerando que nesta não haja uso de recreação de contato primário, preconiza como limite máximo 1.000 Coliformes Termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos seis amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. Desta forma, no ponto 2, nos meses de outubro de 2008, abril e outubro de 2013, assim como, no ponto 7, nos meses de outubro de 2008, agosto e outubro de 2011, maio de 2012 e outubro de 2013, os valores se apresentaram superiores ao referido limite.

5.2.2. Pontos Monitorados no Reservatório Suíça

Fósforo Total

A Tabela 28 e a Figura 15 apresentam concentrações de fósforo total no interior do reservatório de Suíça.

Tabela 28 - Valores de fósforo total no ponto 2, situado no interior do reservatório Suíça

Data	Ponto 2
out-08	0,018
dez-08	0,033
fev-09	0,037
abr-09	0,032
jun-09	0,011
ago-09	0,001
nov-10	0,040
fev-11	0,010
mai-11	0,040
ago-11	0,010
out-11	0,010
fev-12	0,030
mai-12	0,020
ago-12	0,049
abr-13	0,016
jul-13	0,001
out-13	0,001
jan-14	0,038
abr-14	0,018
jul-14	0,001
Mínimo	0,001
Médio	0,021
Máximo	0,049

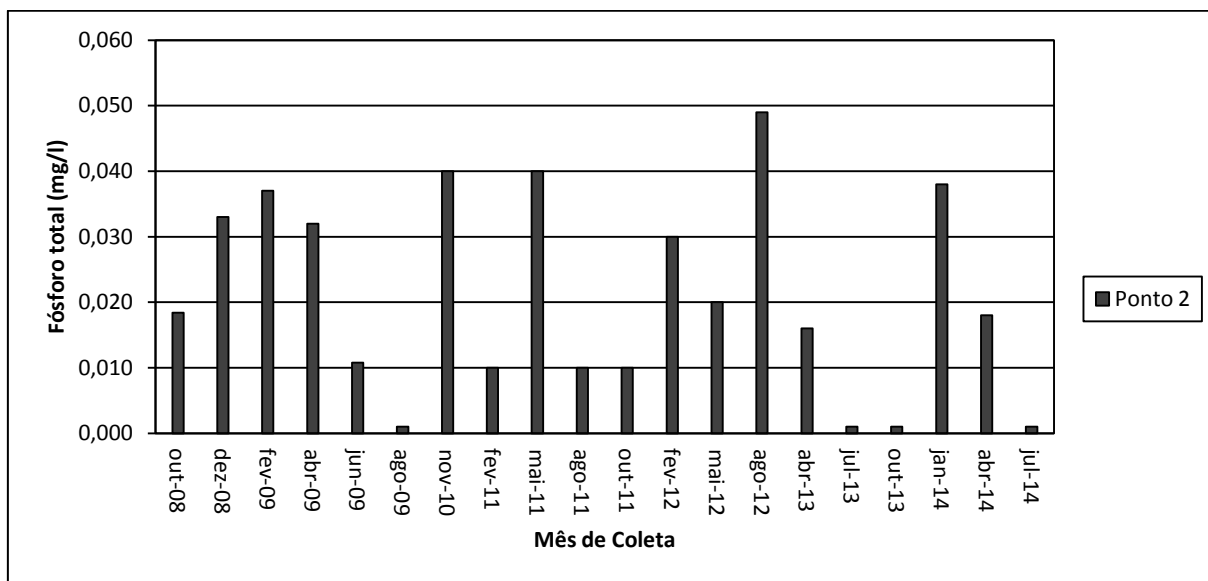


Figura 15 - Concentrações de fósforo total no ponto 2, situado no interior do reservatório Suíça

O menor valor de fósforo total registrado no interior do reservatório Suíça foi 0,001 mg/l, nos meses de agosto de 2009, julho de 2013, outubro de 2013 e julho de 2014. O valor máximo, 0,049 mg/l, em agosto de 2012, correspondeu à período de baixa precipitação. O valor médio da concentração de fósforo total foi 0,021 mg/l.

Nas campanhas de dezembro de 2008, fevereiro de 2009, abril de 2009, novembro de 2010, maio de 2011, agosto de 2012 e janeiro de 2014 as concentrações de fósforo total no interior do reservatório Suíça foram superiores ao limite máximo preconizado pela Resolução CONAMA 357/05 para as águas doces de Classe 2 em ambientes lênticos, 0,030 mg/l.

Nitrogênio Total

As concentrações de nitrogênio total registradas no interior do reservatório Suíça, são mostrados na Tabela 29 e Figura 16.

Tabela 29 - Concentrações de nitrogênio total no interior do reservatório Suíça

Nitrogênio Total (mg/l)	
Data	Ponto 2
out-08	0,14
dez-08	2,32
fev-09	1,19
abr-09	1,08

jun-09	1,01
ago-09	1,00
nov-10	2,00
fev-11	1,00
mai-11	4,60
ago-11	4,08
out-11	4,93
fev-12	4,32
mai-12	2,00
ago-12	8,00
abr-13	1,70
jul-13	0,11
out-13	3,02
jan-14	2,03
abr-14	1,43
jul-14	1,16
Mínimo	0,11
Médio	2,36
Máximo	8,00

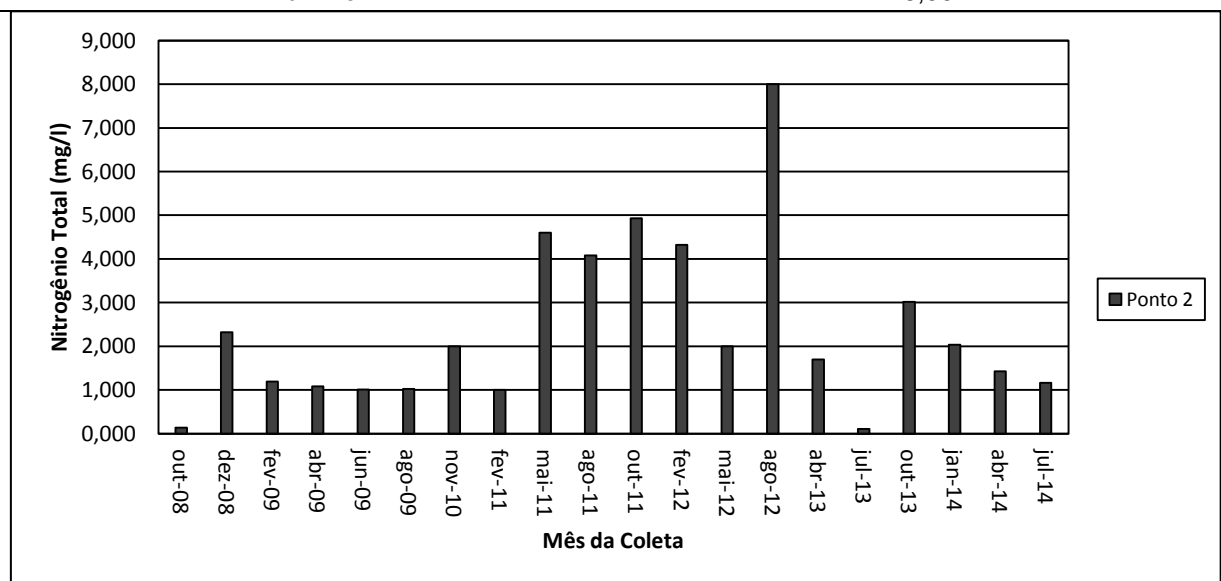


Figura 16 - Concentrações de nitrogênio total no ponto 2 situado no interior do reservatório Suíça

As campanhas realizadas em maio de 2011, agosto de 2011, outubro de 2011, fevereiro de 2012 e agosto de 2012, apresentaram as maiores concentrações de nitrogênio total registradas no reservatório Suíça, 4,60 mg/l, 4,08 mg/l, 4,93 mg/l e 8,00 mg/l, respectivamente.

O menor valor de nitrogênio total registrado no interior do reservatório Suíça foi 0,11 mg/l, em julho de 2013. O valor máximo, 8,00 mg/l, em agosto de 2012, correspondendo ao período geralmente de estiagem. O valor médio foi de 2,36 mg/l.

Como citado anteriormente, de acordo com a resolução CONAMA 357/05, quando o nitrogênio for fator limitante para eutrofização, sua concentração não deverá ultrapassar 1,27 mg/l para ambientes lênticos. Dessa forma, doze das vinte campanhas realizadas (60 %), os valores de nitrogênio total ultrapassariam o limite máximo indicado pela resolução.

Clorofila-a

As concentrações de clorofila-a na superfície da coluna d'água do reservatório Suíça são apresentadas na Tabela 30 e Figura 17.

Tabela 30 - Concentrações de clorofila-a na superfície da coluna d'água no interior do reservatório de Suíça

Data	Clorofila a (µg/l)
out-08	1,365
dez-08	0,001
fev-09	0,546
abr-09	0,606
jun-09	1,638
ago-09	0,010
nov-10	0,600
fev-11	1,400
mai-11	2,800
ago-11	4,900
out-11	0,130
fev-12	0,100
mai-12	0,100
ago-12	1,050
abr-13	0,546
jul-13	0,810
out-13	1,092
jan-14	3,276
abr-14	0,001
jul-14	0,540
Mínimo	0,001
Médio	1,076
Máximo	4,900

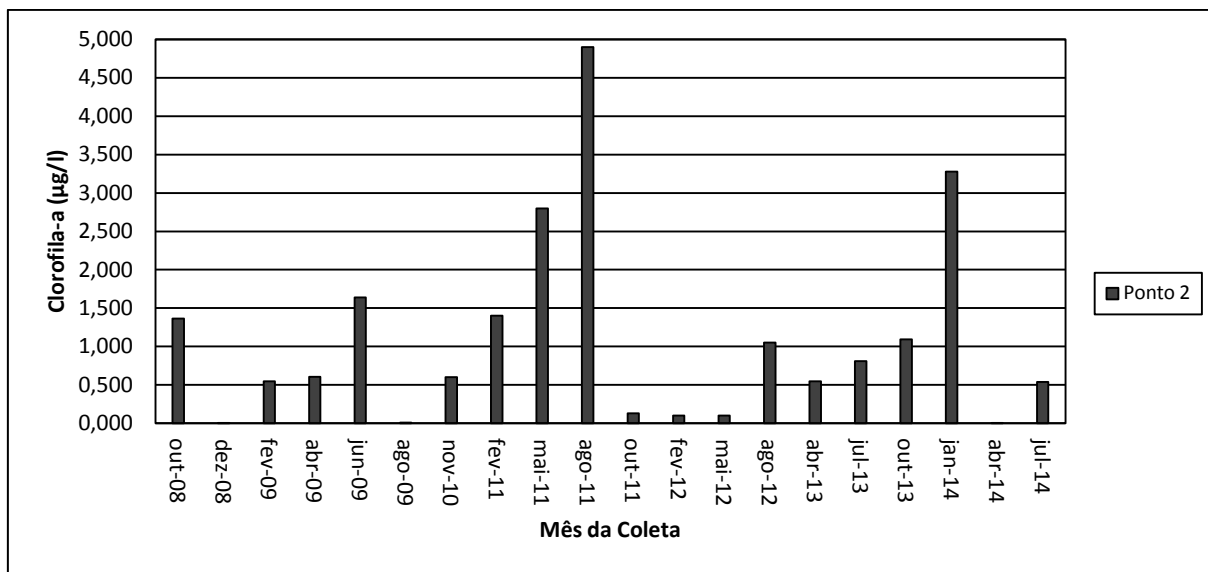


Figura 17 - Concentrações de clorofila-a na superfície da coluna d'água no ponto 2, situado no interior do reservatório de Suíça

A menor concentração de clorofila-a foi 0,001 µg/l, registrada em dezembro de 2008 e abril de 2014. O valor máximo correspondeu a 4,900 µg/l, em agosto de 2011, período de baixa precipitação pluviométrica.

Todas as concentrações registradas no interior do reservatório Suíça estiveram abaixo do limite preconizado pela resolução CONAMA 357/05 para a concentração de clorofila-a para corpos d'água Classe 2, 30 µg/l.

Oxigênio Dissolvido

A Tabela 31 e Figura 18 apresentam as concentrações de oxigênio dissolvido (OD) no interior do reservatório de Suíça.

Tabela 31 - Concentrações de oxigênio dissolvido no ponto 2, situado no interior do reservatório Suíça

Data	Oxigênio Dissolvido (mg/l)
out-08	6,1
dez-08	8,7
fev-09	9,3
abr-09	7,4
jun-09	6,4
ago-09	7,5
nov-10	7,3
fev-11	6,4
mai-11	5,8

ago-11	7,2
out-11	6,0
fev-12	6,1
mai-12	8,6
ago-12	8,9
abr-13	5,0
jul-13	7,5
out-13	7,5
jan-14	6,7
abr-14	9,4
jul-14	5,0
Mínimo	5,0
Médio	7,1
Máximo	9,4

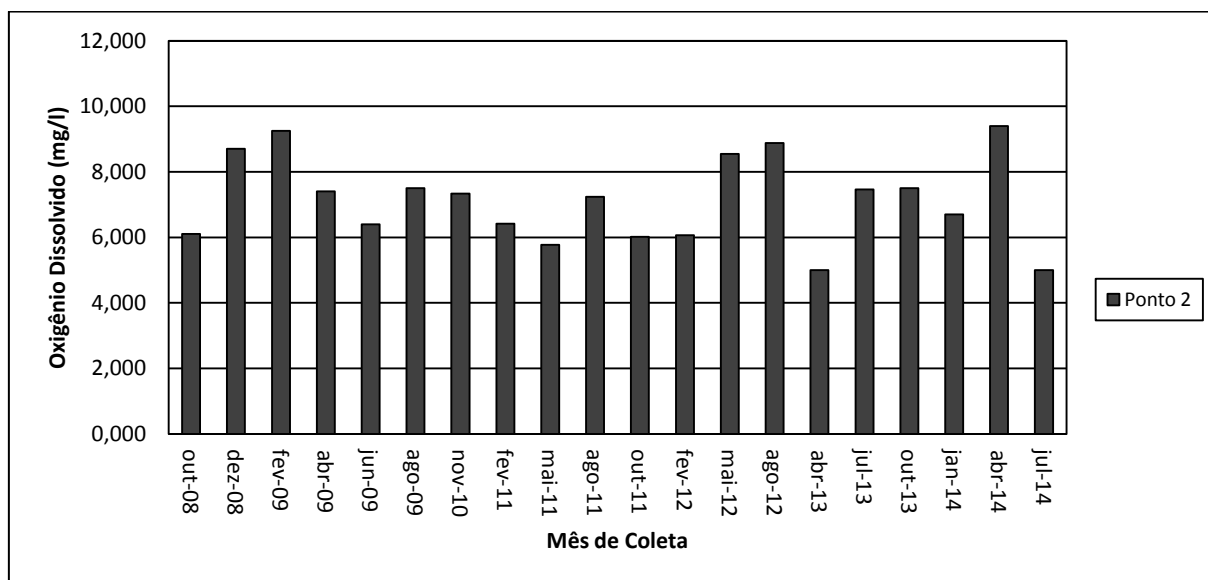


Figura 18 - Concentrações de oxigênio dissolvido no ponto 2, situado no interior do reservatório Suíça

A Resolução CONAMA 357/05 preconiza que a concentração de oxigênio dissolvido não pode ser inferior a 5,0 mg/l para águas de Classe 2. Assim, todos os valores de concentração de oxigênio dissolvido registrados no reservatório Suíça foram iguais ou superiores ao limite mínimo preconizado pela resolução.

O maior valor de concentração de oxigênio dissolvido registrado foi 9,4 mg/l, em abril de 2014. A média das concentrações de oxigênio foi 7,1 mg/l. A mínima correspondeu a 5,0 mg/l, em abril de 2013 e julho de 2014.

Considerando que a concentração de saturação no reservatório Suíça seja de 8,5 mg/l, segundo APHA (1985), cinco das vinte campanhas (25 %) apresentaram valor igual ou superior a concentração de saturação.

Transparência

A Tabela 32 e Figura 19 apresentam os valores de transparência medidos no ponto 2, situado no interior do reservatório de Suíça.

Tabela 32 - Valores de transparência no ponto 2, situado no interior do reservatório Suíça (continua)

Data	Transparência (m)
out-08	0,7
dez-08	0,3
fev-09	0,5
abr-09	0,3

Tabela 32 - Valores de transparência no ponto 2, situado no interior do reservatório Suíça (conclusão)

Data	Transparência (m)
jun-09	0,5
ago-09	1,0
nov-10	1,1
fev-11	1,0
mai-11	0,9
ago-11	1,5
out-11	0,2
fev-12	0,5
mai-12	0,6
ago-12	0,3
abr-13	0,6
jul-13	0,6
out-13	0,9
jan-14	0,4
abr-14	0,7
jul-14	0,7
Mínimo	0,2
Médio	0,7
Máximo	1,5

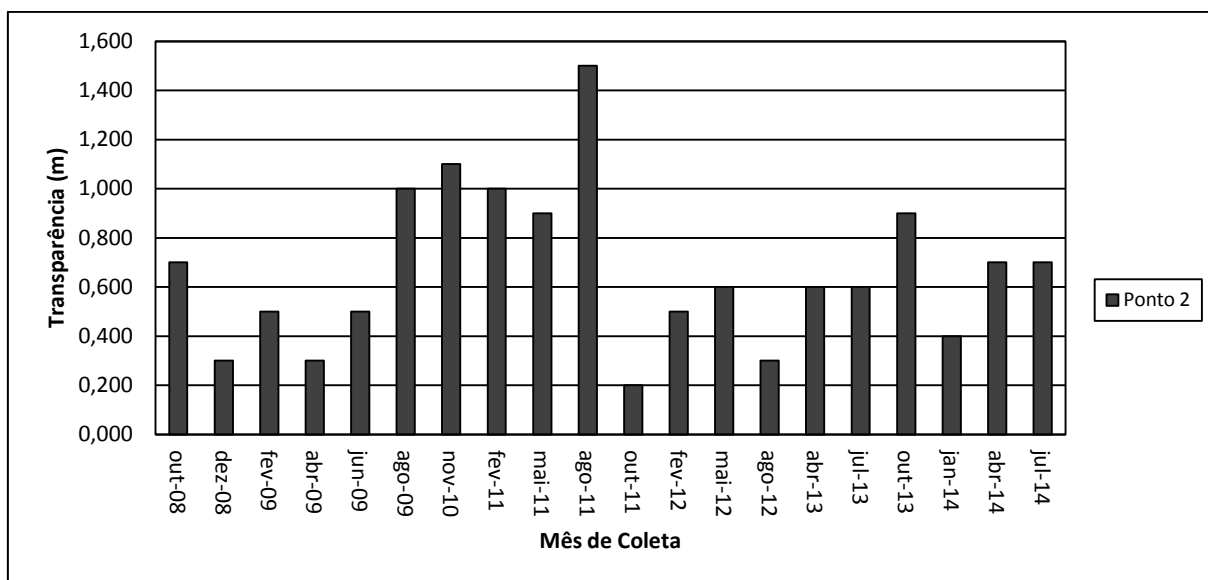


Figura 19 - Valores de transparência no ponto 2, situado no interior do reservatório Suíça

O maior valor de transparência registrado no reservatório Suíça correspondeu à campanha de agosto de 2011, 1,5 m, período de baixa precipitação, enquanto o menor valor de transparência foi 0,20 m, em outubro de 2011, período chuvoso.

Turbidez

A Tabela 33 e a Figura 20 mostram valores de turbidez registrados no interior do reservatório Suíça.

Tabela 33 - Valores de turbidez no ponto 2, situado no interior do reservatório Suíça

Data	Turbidez (UNT)
out-08	7,00
dez-08	70,00
fev-09	23,00
abr-09	25,00
jun-09	6,60
ago-09	7,00
nov-10	41,30
fev-11	1,38
mai-11	4,00
ago-11	2,62
out-11	15,80
fev-12	6,08
mai-12	6,19
ago-12	29,60
abr-13	18,60

jul-13	7,77
out-13	3,19
jan-14	86,00
abr-14	15,28
jul-14	2,07
Mínimo	1,38
Médio	18,92
Máximo	86,00

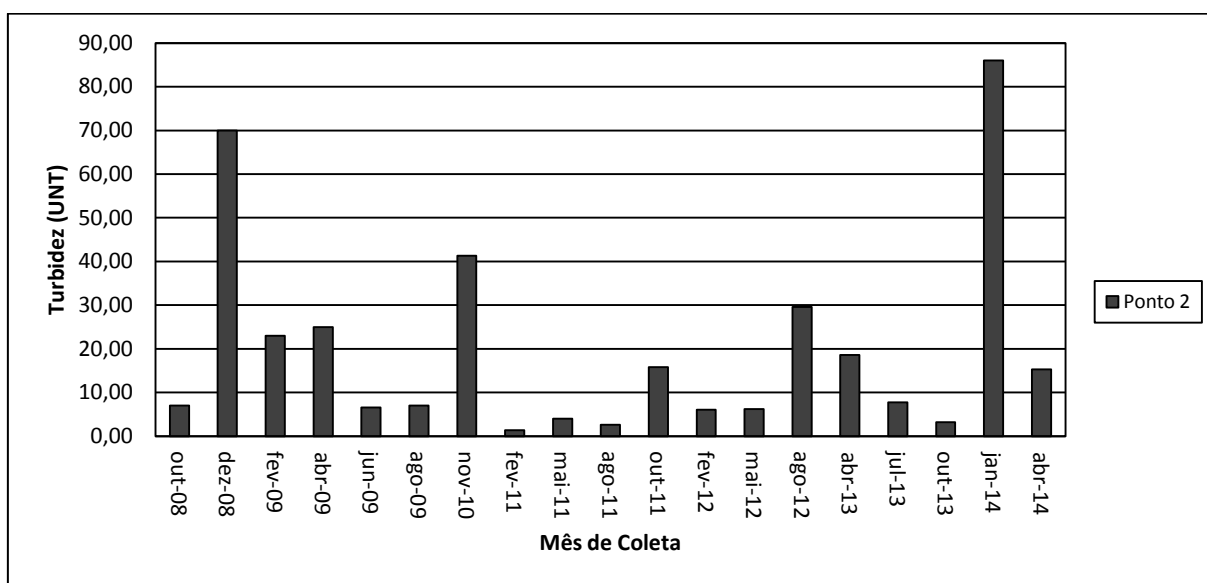


Figura 20 - Valores de turbidez no ponto 2, situado no interior do reservatório Suíça

Os maiores valores de turbidez no interior do reservatório Suíça corresponderam ao semestre geralmente mais chuvoso (outubro a março): dezembro de 2008, janeiro de 2014, 70 UNT, 86,00 UNT, respectivamente. O menor valor de turbidez registrado no monitoramento foi, 2,07, em julho de 2014, correspondente ao período de baixa precipitação.

A Resolução CONAMA nº357/05, considera como limite máximo de turbidez de 100 UNT para águas da classe 2. Todos os valores registrados no monitoramento considerado apresentaram-se abaixo deste limite.

Temperatura da água

Valores de temperatura superficial da água registrados no ponto 2, situado no interior do reservatório Suíça, são apresentados na Tabela 34 e Figura 21.

Tabela 34 - Valores de temperatura da água no ponto 2, situado no interior do reservatório Suíça (continua)

Data	Temperatura da água (°C)
out-08	26,1
dez-08	22,2
fev-09	27,0
abr-09	23,8
jun-09	21,8
ago-09	21,9
nov-10	22,5

Tabela 34 - Valores de temperatura da água no ponto 2, situado no interior do reservatório Suíça (conclusão)

Data	Temperatura da água (°C)
fev-11	28,1
mai-11	21,6
ago-11	20,2
out-11	20,8
fev-12	26,2
mai-12	22,4
ago-12	18,6
abr-13	22,2
jul-13	20,1
out-13	22,6
jan-14	27,0
abr-14	24,2
jul-14	22,7
Mínimo	18,6
Médio	23,1
Máximo	28,1

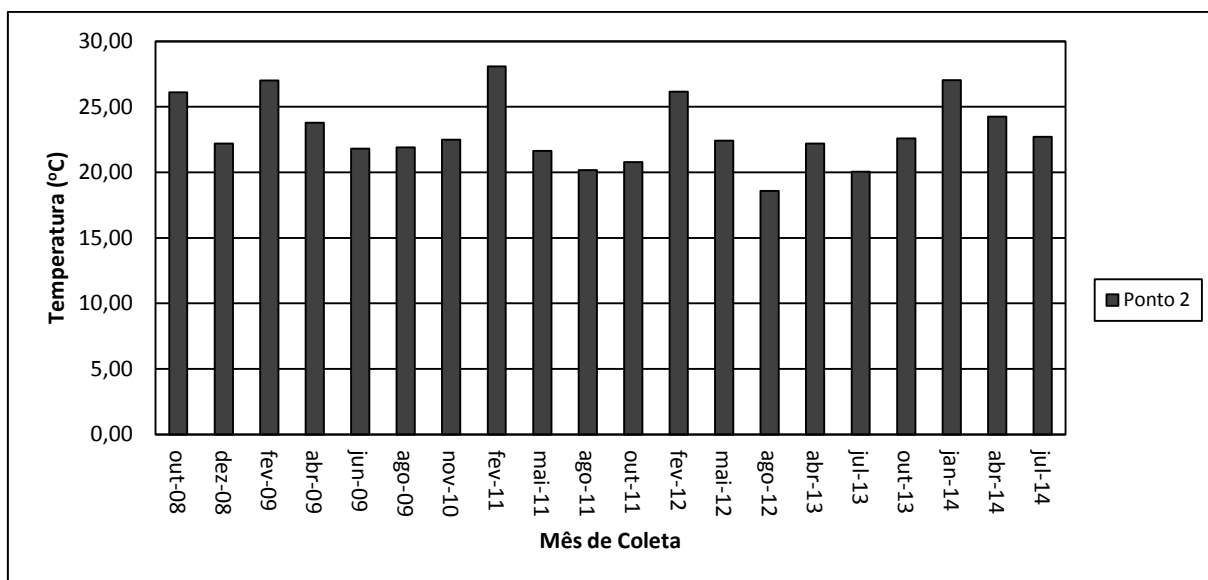


Figura 21 - Valores de temperatura da água no ponto 2, situado no interior do reservatório Suíça

O maior valor de temperatura da água na superfície do reservatório ocorreu em fevereiro de 2011, 28,1 °C, no verão. O menor valor foi 18,6 °C, agosto de 2012, no inverno. A média de temperatura, considerando todas as campanhas, foi 23,1 °C.

Coliformes Termotolerantes

Valores de Coliformes Termotolerantes registrados no interior do reservatório Suíça são apresentados na Tabela 35 e Figura 22.

Tabela 35 - Valores de Coliformes Termotolerantes no interior do reservatório Suíça

Data	Coliformes Termotolerantes (UFC/100 ml)
out-08	310,00
dez-08	390,00
fev-09	1.700,00
abr-09	16.000,00
jun-09	220,00
ago-09	210,00
nov-10	209,80
fev-11	84,20
mai-11	816,40
ago-11	816,40
out-11	2.419,60
fev-12	90,90
mai-12	410,60

ago-12	2.419,60
abr-13	130,00
jul-13	16.000,00
out-13	18,00
jan-14	-
abr-14	460,00
jul-14	40,00
Mínima	18,00
Média	2.249,76
Máxima	16.000,00

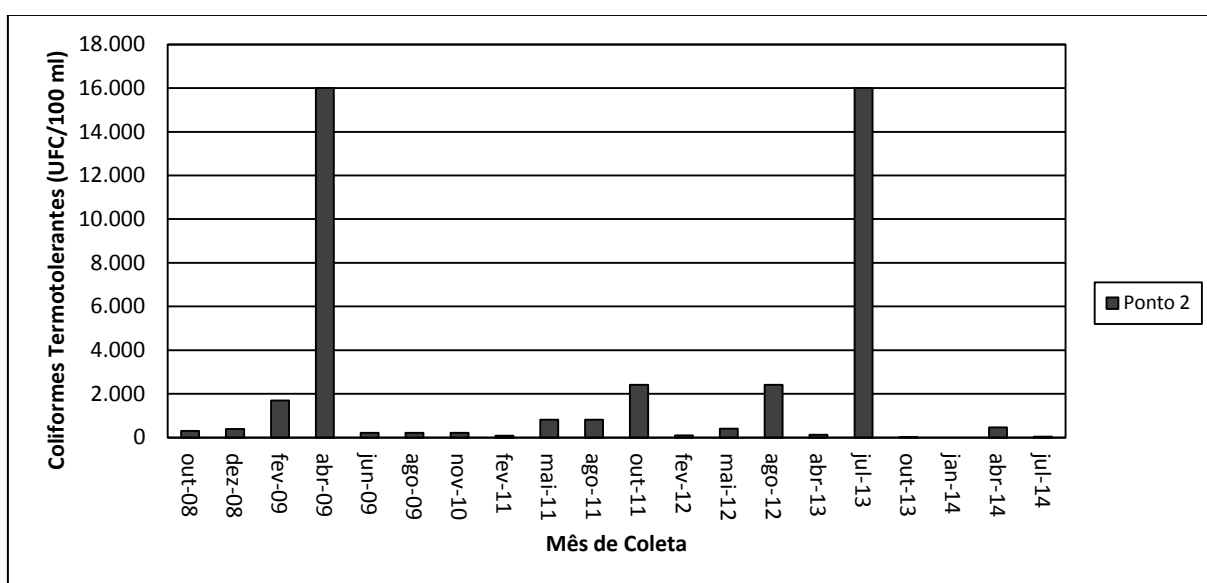


Figura 22 - Concentrações de Coliformes Termotolerantes no interior do reservatório Suíça

A maior concentração de Coliformes Termotolerantes, considerando todas as campanhas, foi 16.000 UFC/100ml, em abril de 2009 e julho de 2013, períodos de estiagem. A menor concentração foi 18 UFC/100 ml, em outubro de 2013, período chuvoso.

A Resolução CONAMA nº 357/05 preconiza como limite máximo de 1.000 Coliformes Termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 (seis) amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral, considerando que não há uso de recreação de contato primário para águas de classe 2. Desta forma, em fevereiro e abril de 2009, outubro de 2011, agosto de 2012 e julho de 2013, os valores se apresentaram superiores ao referido limite.

5.2.3. Síntese de resultados relativos aos monitoramentos de variáveis limnológicas dos reservatórios de Rio Bonito e Suíça

Segundo Silva et al. (2009), a construção de barragens, com a transformação abrupta de um ambiente lótico em lêntico, pode acarretar alterações nos regimes dos rios e consideráveis desequilíbrios na estrutura físico-química e hidrobiológica do meio aquático, gerando significativos impactos ambientais, a montante e a jusante do barramento.

A análise comparativa entre as variáveis limnológicas monitoradas nos dois reservatórios foi realizada considerando as médias aritméticas correspondentes aos dois pontos situados no interior do reservatório de Rio Bonito (ponto 2 e 7) e valores registrados no ponto 2, localizado no interior do reservatório Suíça.

Fósforo total

A Figura 23 mostra as concentrações de fósforo total nos reservatórios de Rio Bonito (médias relativas aos pontos 2 e 7) e Suíça (ponto 2).

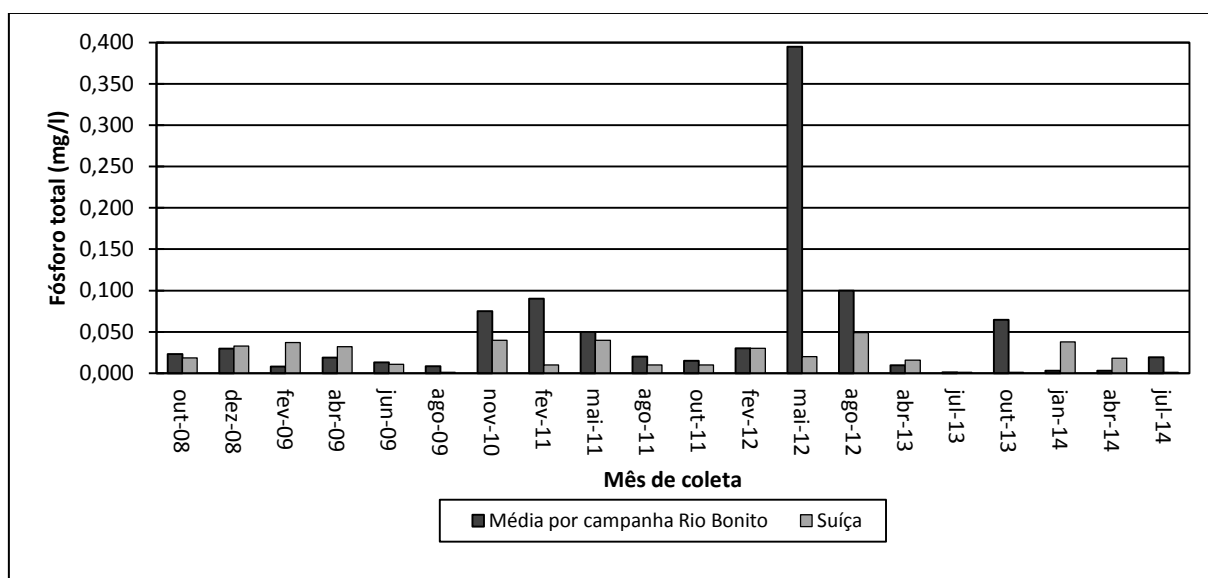


Figura 23 - Concentrações de fósforo total nos reservatórios de Rio Bonito e Suíça

Para as campanhas realizadas em fevereiro de 2009, abril de 2009, janeiro de 2014 e abril de 2014, 20 %, os valores de concentrações de fósforo total registrados no reservatório Suíça foram superiores às concentrações médias de fósforo total do reservatório de Rio Bonito.

No reservatório de Rio Bonito, seis das vinte campanhas (30 %) apresentaram valores de fósforo total acima dos limites preconizados pela resolução CONAMA 357/05, 0,03 mg/l, enquanto que para o reservatório Suíça foram sete campanhas (35 %).

Nitrogênio total

As concentrações de nitrogênio total nos reservatórios de Rio Bonito (média dos pontos 2 e 7 por campanha) e Suíça (ponto 2) são apresentados na Figura 24.

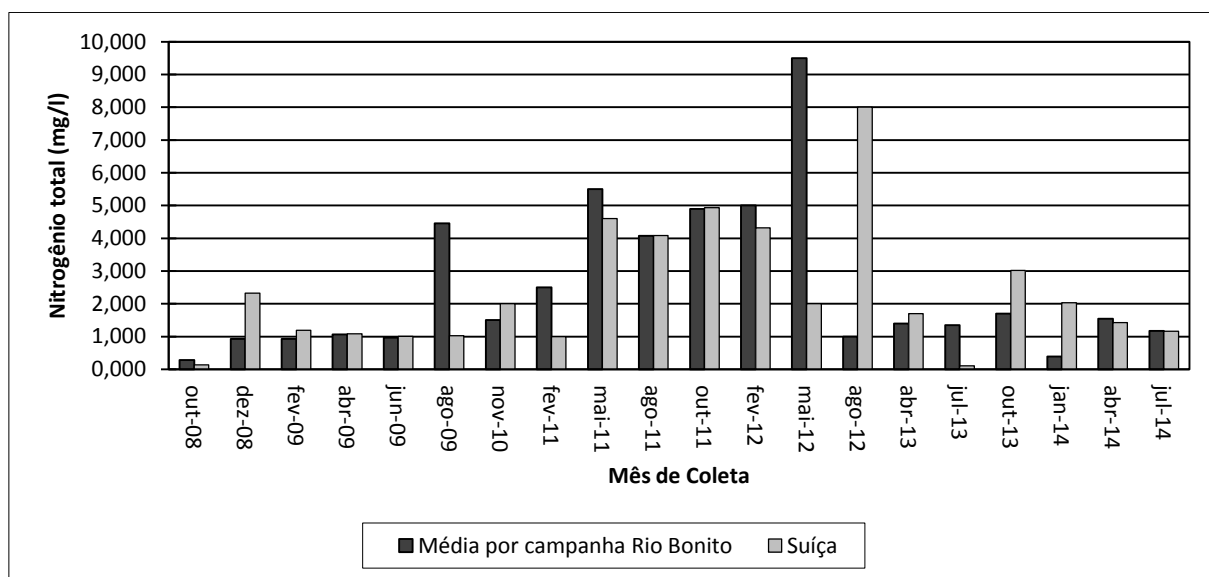


Figura 24 - Concentrações de nitrogênio total nos reservatórios de Rio Bonito e Suíça

Valores elevados de concentrações de nitrogênio total no reservatório Suíça, maio de 2011 (4,60 mg/l) e outubro de 2011 (4,93 mg/l), acompanharam elevadas concentrações de nitrogênio total no reservatório de Rio Bonito nos mesmos meses, 5,50 mg/l e 4,90 mg/l.

Para os meses de dezembro de 2008, novembro de 2010, agosto de 2012, abril de 2013, outubro de 2013 e janeiro de 2014, 30 %, as concentrações de nitrogênio total registrados no reservatório Suíça apresentaram valores relativamente maiores que as médias de concentrações de nitrogênio no reservatório de Rio Bonito.

Para doze das vinte campanhas realizadas nos dois reservatórios, 60 %, as concentrações de nitrogênio apresentaram-se acima dos limites preconizados pela resolução CONAMA 357/05, caso este fosse o limitante.

Clorofila-a

A Figura 25 apresenta as concentrações de clorofila-a presentes nos reservatórios de Rio Bonito e Suíça.

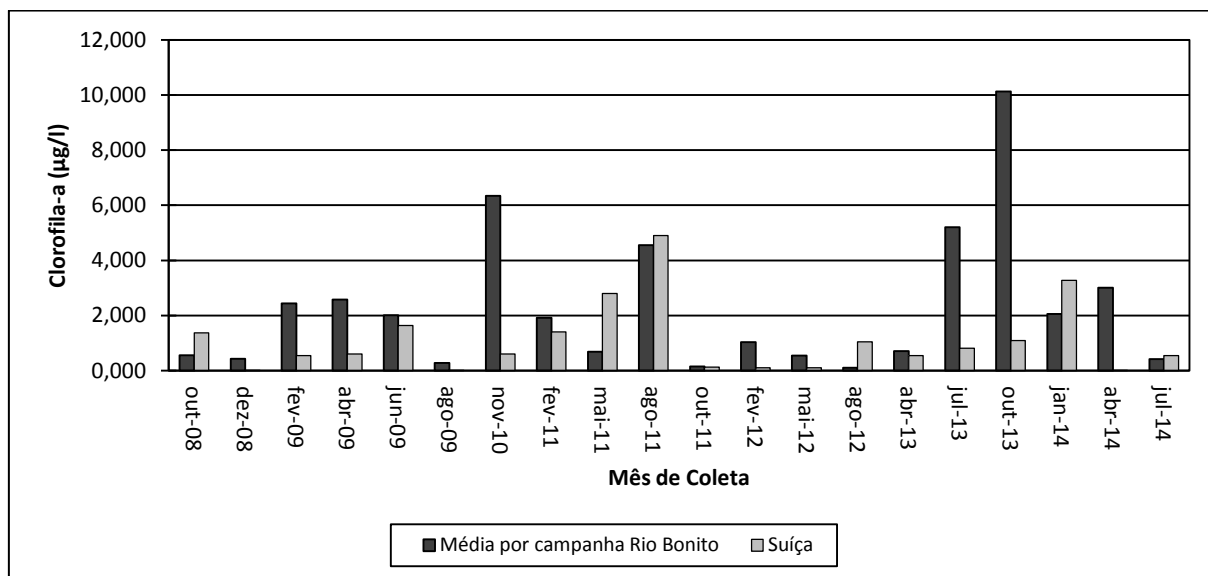


Figura 25 - Concentrações de clorofila-a nos reservatórios de Rio Bonito e Suíça

No reservatório Suíça as campanhas realizadas em outubro de 2008 (1,365 µg/l), maio de 2011 (2,80 µg/l), agosto de 2011 (4,900 µg/l), agosto de 2012 (1,050 µg/l) e janeiro de 2014 (3,276 µg/l) apresentaram concentrações de clorofila-a superiores às médias das concentrações de clorofila-a no reservatório de Rio Bonito (0,560 µg/l, 0,680 µg/l, 4,555 µg/l, 0,100 µg/l e 2,050 µg/l, respectivamente).

Oxigênio Dissolvido

A Figura 26 apresenta as concentrações de oxigênio dissolvido registradas nos reservatórios de Rio Bonito e Suíça.

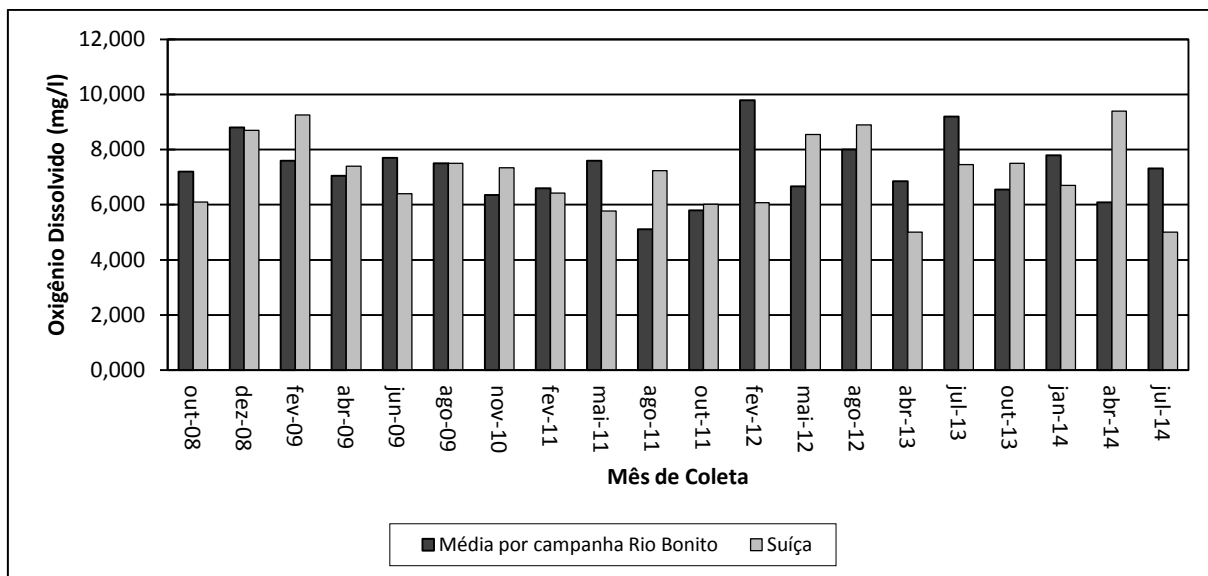


Figura 26 - Concentrações de oxigênio dissolvido nos reservatórios de Rio Bonito e Suíça

As campanhas realizadas em fevereiro de 2009, abril de 2009, novembro de 2010, agosto de 2011, maio de 2012, agosto de 2012, outubro de 2013 e abril de 2014 apresentaram valores de concentração de oxigênio no reservatório de Suíça nitidamente superiores aos registrados no reservatório de Rio Bonito.

Transparência

A Figura 27 mostra as medidas de transparência nos reservatórios de Rio Bonito e Suíça.

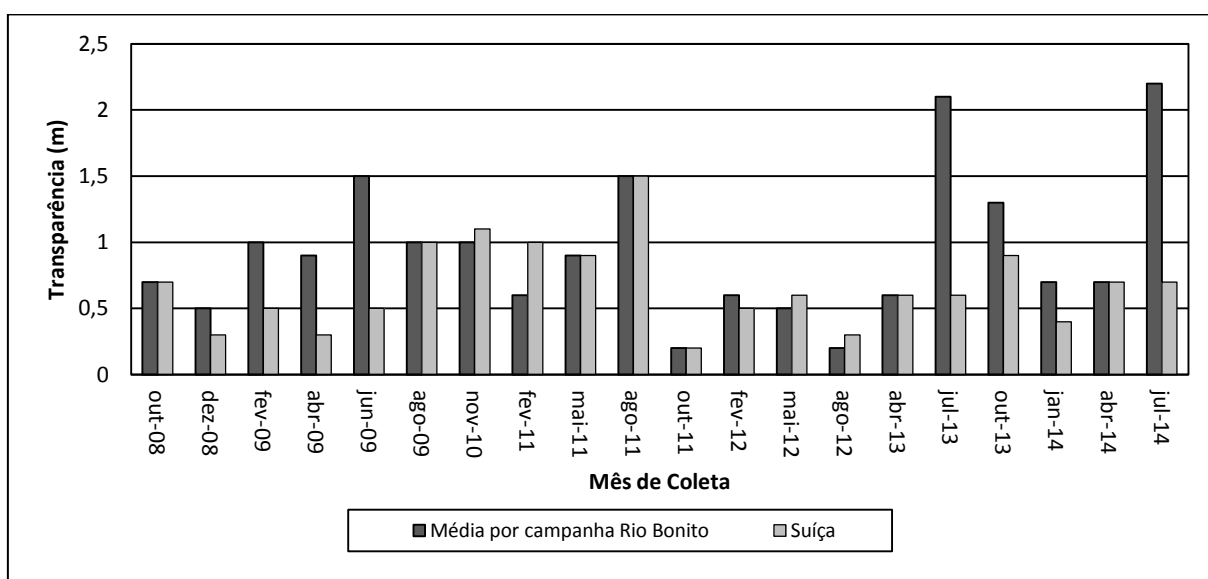


Figura 27 - Valores de transparência nos reservatórios de Rio Bonito e Suíça

As campanhas de novembro de 2010, fevereiro de 2011, maio de 2012 e agosto de 2012, 20 %, apresentaram valores de transparência no reservatório Suíça (1,10 m, 1,00 m, 0,60m e 0,3 m) nitidamente superiores aos observados no reservatório de Rio Bonito (1,00 m, 0,60 m, 0,50 m e 0,2 m).

Turbidez

A Figura 28 mostra valores de turbidez monitorados de 2008 a 2014 nos reservatórios de Rio Bonito e Suíça.

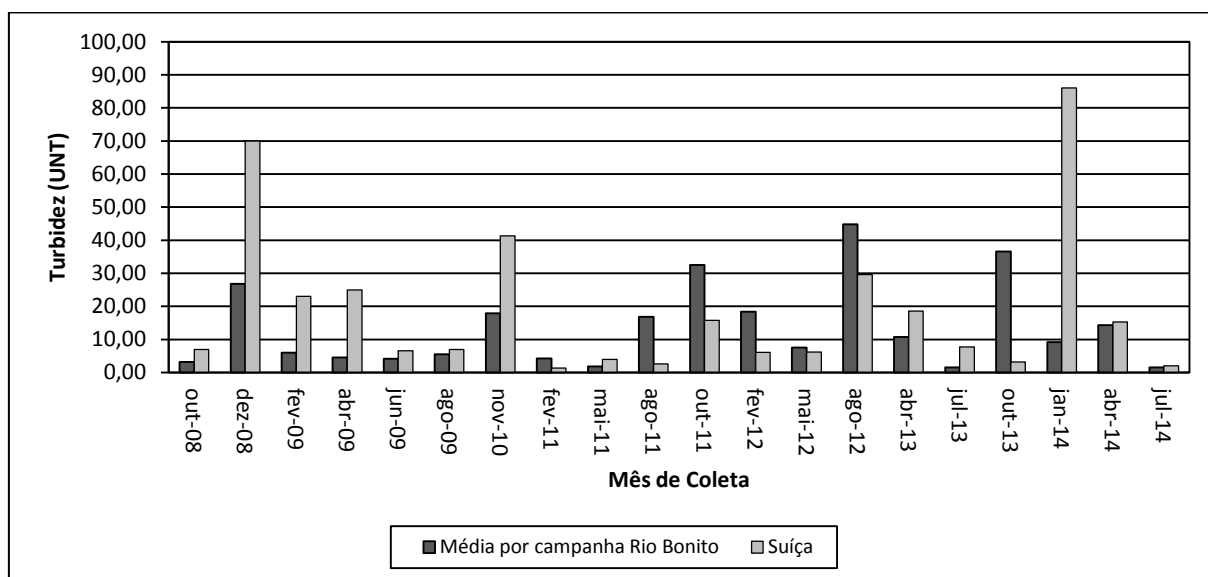


Figura 28 - Valores de turbidez nos reservatórios de Rio Bonito e Suíça

Para as campanhas de outubro de 2008, dezembro de 2008, fevereiro de 2009, abril de 2009, novembro de 2010, abril de 2013, julho de 2013 e janeiro de 2014, 40 %, os valores de turbidez no reservatório Suíça apresentaram-se nitidamente superiores aos valores médios de turbidez no reservatório de Rio Bonito.

Temperatura da água

A Figura 29 mostra os valores de temperatura nos dois reservatórios de Rio Bonito e Suíça.

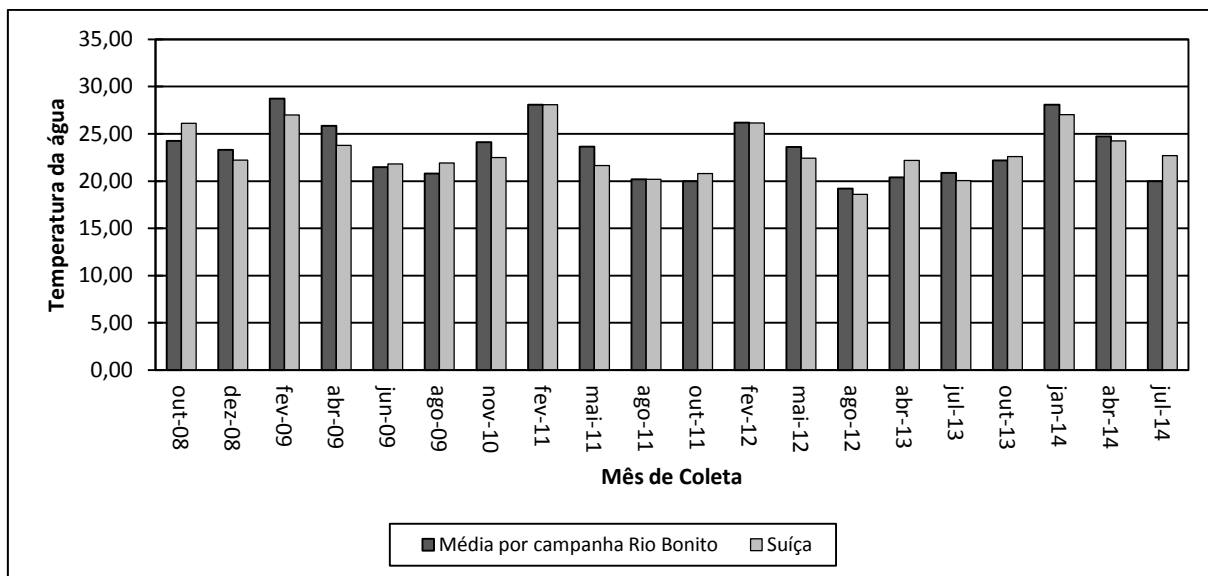


Figura 29 - Valores de temperatura nos reservatórios de Rio Bonito e Suíça

Os valores de temperatura de Rio Bonito e Suíça registrados nos monitoramentos de 2008 a 2014 se apresentaram, geralmente, muito próximos. Exceções ocorreram em outubro de 2008, agosto de 2009, abril de 2013 e julho de 2014, quando valores de temperatura no reservatório Suíça foram superiores aos observados no reservatório de Rio Bonito. Cabe observar que valores de temperaturas em reservatórios dependem dos horários das campanhas.

Elevações de temperaturas no reservatório Rio Bonito são acompanhados por aumentos de temperatura no reservatório Suíça.

5.3. Nutriente Limitante

Reservatório de Rio Bonito

A Tabela 36 apresenta os resultados segundo Vollenweider (1968) e Redfield et al. (1963) do nutriente limitante para o reservatório de Rio Bonito.

Tabela 36 - Nutriente Limitante no reservatório de Rio Bonito

Data	Ponto 2				Ponto 7			
	NT/PT	Vollenweider	NT/PT	Redfield	NT/PT	Vollenweider	NT/PT	Redfield
out/08	7,1	N	15,7	N	15,8	P	35,0	P
dez/08	45,4	P	100,5	P	16,8	P	37,2	P
fev/09	97,7	P	216,4	P	140,8	P	311,9	P
abr/09	42,9	P	95,0	P	66,7	P	147,6	P
jun/09	92,9	P	205,7	P	62,5	P	138,4	P
ago/09	6073,0	P	13447,4	P	177,3	P	392,5	P
nov/10	14,3	P	31,6	P	25,0	P	55,4	P
fev/11	75,0	P	166,1	P	14,3	P	31,6	P
mai/11	150,0	P	332,1	P	83,3	P	184,5	P
ago/11	136,7	P	302,6	P	404,0	P	894,6	P
out/11	440,0	P	974,3	P	270,0	P	597,9	P
fev/12	100,0	P	221,4	P	500,0	P	1107,1	P
mai/12	1700,0	P	3764,3	P	2,6	N	5,7	N
ago/12	-	-	-	-	10,0	P	22,1	P
abr/13	125,0	P	276,8	P	185,7	P	411,2	P
jul/13	1300,0	P	2878,6	P	1400,0	P	3100,0	P
out/13	6,0	N	13,2	N	48,4	P	107,1	P
jan/14	180,0	P	398,6	P	105,0	P	232,5	P
abr/14	940,0	P	2081,4	P	300,5	P	665,4	P
jul/14	175,0	P	387,5	P	30,5	P	67,6	P

Segundo os métodos de Vollenweider (1976) e Redfield et al. (1963), no ponto 2, apenas nos meses de outubro de 2008 e outubro de 2013 o nitrogênio seria o limitante. No ponto 7, somente no mês de maio de 2012, o nitrogênio seria considerado nutriente limitante. Desta forma, na quase totalidade dos monitoramentos nos dois pontos, o nutriente limitante foi o fósforo.

A Tabela 37 apresenta os resultados, segundo Vollenweider (1968) e Redfield et al. (1963), quanto ao nutriente limitante, para a média dos valores parâmetros registrados nos pontos situados no interior do reservatório de Rio Bonito, por campanha.

Tabela 37 - Nutriente limitante para as médias dos parâmetros em cada campanha no reservatório Rio Bonito (continua)

Data	NT/PT	Vollenweider	NT/PT	Redfield
out/08	12,1	P	26,8	P
dez/08	31,1	P	68,8	P
fev/09	117,0	P	259,0	P

abr/09 56,0 P 124,1 P
Tabela 37 - Nutriente limitante para as médias dos parâmetros em cada campanha no reservatório Rio Bonito (conclusão)

Data	NT/PT	Vollenweider	NT/PT	Redfield
jun/09	74,2	P	164,3	P
ago/09	524,1	P	1160,4	P
nov/10	20,0	P	44,3	P
fev/11	27,8	P	61,5	P
mai/11	110,0	P	243,6	P
ago/11	203,5	P	450,6	P
out/11	326,7	P	723,3	P
fev/12	166,7	P	369,0	P
mai/12	24,1	P	53,3	P
abr/13	147,4	P	326,3	P
jul/13	1350,0	P	2989,3	P
out/13	26,4	P	58,4	P
jan/14	130,0	P	287,9	P
abr/14	513,7	P	1137,4	P
jul/14	60,2	P	133,2	P

Considerando as médias dos valores para os dois pontos situados no interior do reservatório de Rio Bonito por campanha e utilizando os dois métodos de classificação citados acima, o nutriente limitante para todas as campanhas seria o fósforo.

Cabe observar que Salas e Martino (1991), estudando lagos e reservatórios da América Latina, a partir de valores da razão de nitrogênio e fósforo, consideraram para a maioria dos corpos hídricos, o fósforo como nutriente limitante, segundo método de Vollenweider (1968).

Reservatório Suíça

A Tabela 38 mostra os resultados, segundo Vollenweider (1976) e Redfield et al. (1963), relativos ao nutriente limitante para o reservatório Suíça.

Tabela 38 - Nutriente Limitante no reservatório Suíça (continua)

Ponto 2	NT/PT	Vollenweider	NT/PT	Redfield
out-08	7,61	N	16,85	P

dez-08	70,30	P	155,67	P
fev-09	32,16	P	71,22	P
abr-09	33,75	P	74,73	P

Tabela 38 - Nutriente Limitante no reservatório Suíça (conclusão)

Ponto 2	NT/PT	Vollenweider	NT/PT	Redfield
jun-09	93,52	P	207,08	P
ago-09	1.023,00	P	2.265,21	P
nov-10	50,00	P	110,71	P
fev-11	100,00	P	221,43	P
mai-11	115,00	P	254,64	P
ago-11	408,00	P	903,43	P
out-11	493,00	P	1.091,64	P
fev-12	144,00	P	318,86	P
mai-12	100,00	P	221,43	P
ago-12	163,27	P	361,52	P
abr-13	106,25	P	235,27	P
jul-13	110,00	P	243,57	P
out-13	3.020,00	P	6.687,14	P
jan-14	53,47	P	118,41	P
abr-14	79,17	P	175,30	P
jul-14	1.160,00	P	2.568,57	P

Na quase totalidade das campanhas de monitoramento realizadas no ponto 2, situado no interior do reservatório Suíça, segundo os métodos de Vollenweider (1968) e Redfield et al. (1963), o nutriente limitante o seria o fósforo.

5.4. Modelos Matemáticos

5.4.1. Reservatório da PCH Rio Bonito

Os IETs para o reservatório de Rio Bonito foram calculados a partir de valores de parâmetros observados nos pontos 2 e 7, assim como das médias desses valores.

Considerando que o valor de fósforo total registrado na campanha de maio de 2012 seja muito alto (0,78 mg/l), quando comparado com todos os outros valores registrados, os cálculos para todos os modelos e IETs no presente estudo (médias de parâmetros por campanha, anuais e gerais) foram realizados com e sem o

registro deste valor, pelo fato deste poder representar um *outlier*, ou mesmo ter resultado de erro de análise laboratorial ou de transcrição, podendo sua consideração distorcer a análise.

Índice de Estado Trófico (IET) (CARLSON 1977)

A partir de dados de fósforo total, clorofila-a e transparência da água, o Índice de Estado Trófico de Carlson (1977) foi calculado. A Tabela 39 apresenta os resultados das classificações tróficas do reservatório de Rio Bonito no ponto 2.

Tabela 39 - Classificação do estado trófico do reservatório de Rio Bonito, segundo o IET Carlson (1977), no ponto 2

Data	IET (Pt)	Class	IET (Cla)	Class	IET (Trans)	Class	IETm	Class
out/08	57,2	E	31,4	O	67,4	HE	52,0	E
dez/08	58,1	E	28,6	O	70,0	HE	52,2	E
fev/09	53,7	E	46,1	M	61,5	HE	53,8	E
abr/09	56,7	E	46,6	M	73,2	HE	58,9	E
jun/09	54,4	E	44,2	M	49,3	M	49,3	M
ago/09	4,2	UO	24,6	O	60,0	E	29,6	O
nov/10	59,2	E	55,4	E	58,6	E	57,8	E
fev/11	58,6	E	43,4	M	61,5	HE	54,5	E
mai/11	58,6	E	33,1	O	57,4	E	49,7	M
ago/11	58,1	E	52,2	E	54,2	E	54,8	E
out/11	54,4	E	17,7	UO	83,2	HE	51,8	E
fev/12	58,9	E	37,6	O	67,4	HE	54,6	E
mai/12	54,4	E	19,4	UO	70,0	HE	47,9	M
abr/13	55,3	E	33,9	O	65,1	HE	51,5	E
jul/13	4,2	UO	53,5	E	47,4	M	35,0	O
out/13	59,2	E	60,1	HE	54,2	E	57,8	E
jan/14	32,1	O	44,4	M	60,0	E	45,5	M
abr/14	32,1	O	48,1	M	60,0	E	46,7	M
jul/14	53,0	E	28,5	O	41,5	M	41,0	M

Para as campanhas realizadas em outubro de 2008 e novembro de 2010, nas quais ocorreram as maiores precipitações pluviométricas em quinze dias anteriores às datas das amostragens (157,5 mm e 117,9 mm, respectivamente), os estados tróficos foram classificados, pelo IET médio (IETm) de Carlson (1977), como eutróficos.

Para a campanha de janeiro de 2014, na qual não ocorreu precipitação pluviométrica nos quinze dias anteriores à campanha, o reservatório foi classificado como mesotrófico, pelo IETm de Carlson.

A Tabela 40 apresenta números e percentagens de campanhas realizadas no ponto 2 para as quais o estado trófico foi classificado como ultraoligotrófico, oligotrófico, mesotrófico, eutrófico e hipereutrófico.

Tabela 40 – Número e percentagem de campanhas de acordo com a classificação do estado trófico no ponto 2, situado no interior do reservatório de Rio Bonito

Classificação	IET-Pt	IET-Cla	IET-Trans	IETmédio
Ultraoligotrófico	2 (10,5 %)	2 (10,5 %)	-	-
Oligotrófico	2 (10,5 %)	7 (36,8 %)	-	2 (10,5 %)
Mesotrófico	-	6 (31,6 %)	3 (15,8 %)	6 (31,6 %)
Eutrófico	15 (79,0 %)	3 (15,8 %)	7 (36,8 %)	11 (57,9 %)
Hipereutrófico	-	1 (5,3 %)	9 (47,4 %)	-

Os valores calculados a partir de IET (fósforo total) de Carlson (1977), indicam que na maioria das campanhas realizadas no ponto 2, situado no interior do reservatório de Rio Bonito, as condições foram classificadas como eutróficas, 79,0 %. Considerando o IET (clorofila-a), as condições oligotróficas e mesotróficas foram preponderantes nas campanhas, 36,8 % e 31,6% respectivamente. Segundo o IET (transparência), o estado trófico foi classificado, principalmente, como hipereutrófico, 47,4 %, ou eutrófico, 36,8%.

Os valores de IET médio (IETm) de Carlson (1977), indicaram que 57,9 % das campanhas realizadas no ponto 2, apresentaram condições eutróficas, sendo a ocorrência desta classe geralmente em períodos chuvosos ou de início de estiagem, excetuando-se a campanha de agosto de 2011.

A Tabela 41 apresenta os resultados das classificações tróficas do reservatório de Rio Bonito no ponto 7, segundo IET de Carlson (1977).

Tabela 41 - Classificação do reservatório de Rio Bonito de acordo com o IET Carlson (1977) no ponto 7 (continua)

Data	IET (Pt)	Class	IET (Cla)	Class	IET (Trans)	Class	IETm	Class
out/08	57,9	E	31,4	O	65,1	HE	51,5	E
dez/08	58,1	E	55,5	E	70,0	HE	61,2	HE
fev/09	52,1	E	43,3	M	60,0	E	51,8	E

Tabela 41 - Classificação do reservatório de Rio Bonito de acordo com o IET Carlson (1977) no ponto 7 (conclusão)

Data	IET (Pt)	Class	IET (Cla)	Class	IET (Trans)	Class	IETm	Class
abr/09	57,3	E	60,6	HE	55,1	E	57,7	E
jun/09	56,5	E	30,9	O	60,0	E	49,1	M
ago/09	56,5	E	50,5	HE	60,0	E	55,7	E
nov/10	59,3	E	40,3	HE	61,5	HE	53,7	E
fev/11	59,6	E	32,4	O	77,4	HE	56,4	E
mai/11	59,1	E	31,5	O	65,1	HE	51,9	E
ago/11	54,4	E	48,8	M	54,2	E	52,4	E
out/11	57,2	E	8,0	UO	83,2	HE	49,5	M
fev/12	54,4	E	33,1	O	70,0	HE	52,5	E
mai/12	59,9	E	14,8	UO	70,0	HE	48,2	M
ago/12	59,4	E	31,5	O	83,2	HE	58,1	E
abr/13	52,0	E	48,6	M	70,0	HE	56,9	E
jul/13	4,2	UO	53,7	E	51,5	E	36,5	O
out/13	59,1	E	44,6	M	60,0	E	54,6	E
jan/14	46,0	M	47,2	M	77,4	HE	56,9	E
abr/14	46,0	M	56,5	E	73,2	HE	58,6	E
jul/14	58,2	E	40,4	HE	63,2	HE	53,9	E

Somente para a campanha de dezembro de 2008 no ponto 7, na qual registrou-se a maior precipitação pluviométrica em quinze dias anteriores às amostragens (157,50 mm), o estado trófico foi classificado como hipereutrófico, de acordo com o IETm de Carlson (1977). Quanto aos monitoramentos realizados em junho de 2009, outubro de 2011, maio de 2012 e julho de 2013, meses que apresentaram relativamente baixas precipitações, as águas no ponto 7 foram classificadas em mesotróficas ou oligotróficas.

A Tabela 42 apresenta número e percentagens de campanhas realizadas no ponto 7, para as quais o estado trófico foi classificado como ultraoligotrófico, oligotrófico, mesotrófico, eutrófico e hipereutrófico.

Tabela 42 – Número e percentagem de campanhas resultando em diferentes classes do estado trófico no ponto 7 situado no interior do reservatório de Rio Bonito

Classificação	IET-Pt	IET-Cla	IET-Trans	IETmédio
Ultraoligotrófico	1 (5,0 %)	2 (10,0 %)	-	-
Oligotrófico	-	6 (30,0 %)	-	1 (5,0 %)
Mesotrófico	2 (10,0 %)	5 (25,0 %)	-	3 (15,0 %)
Eutrófico	17 (85,0 %)	3 (15,0 %)	7 (35,0 %)	15 (75,0 %)
Hipereutrófico	-	4 (20,0 %)	13 (65,0 %)	1 (5,0 %)

Os resultados gerados a partir do cálculo do IET de fósforo total de Carlson (1977), indicaram que das vinte campanhas realizadas no ponto 7, dezessete corresponderam a condições eutróficas, 85,0 %. De acordo com o IET de clorofila-a, as condições oligotróficas e mesotróficas foram preponderantes, 55,0 %. Pelo IET de transparência, o estado trófico foi classificado como hipereutrófico para treze das vinte campanhas, 65,0 %.

De acordo com o IET médio desenvolvido por Carlson (1977), o estado trófico foi classificado, para a maioria das campanhas como eutrófico, 75,0 %.

A Tabela 43 apresenta os resultados de classificação do estado trófico, segundo IET de Carlson (1977), considerando as médias de valores de concentrações de fósforo total, clorofila-a e transparência, por campanha, a partir dos resultados de monitoramento nos pontos 2 e 7, no interior do reservatório de Rio Bonito.

Tabela 43 - Classificação de estado trófico do reservatório de Rio Bonito de acordo com o IET de Carlson (1977), considerando a média dos parâmetros por campanha, anual e geral

Data	IET (Pt)	Class	IET (Cla)	Class	IET (DS)	Class	IETm	Class
out-08	57,6	E	31,4	O	66,2	HE	51,7	E
dez-08	58,1	E	49,3	M	70,0	HE	59,1	E
fev-09	53,0	E	44,8	M	60,7	HE	52,8	E
abr-09	57,1	E	56,0	E	61,5	HE	58,2	E
jun-09	55,7	E	39,6	O	53,7	E	49,7	M
ago-09	53,4	E	44,4	M	60,0	E	52,6	E
nov-10	59,3	E	50,5	HE	60,0	E	56,6	E
fev-11	59,4	E	39,4	O	67,4	HE	55,4	E
mai-11	58,9	E	32,4	O	60,7	HE	50,7	HE
ago-11	57,2	E	50,7	HE	54,2	E	54,0	E
out-11	56,3	E	14,0	UO	83,2	HE	51,2	E
fev-12	58,1	E	35,6	O	68,6	HE	54,1	E
mai-12	59,9 (54,4)	E (E)	17,4	UO	70,0	HE	49,1 (47,9)	M (M)
ago-12*	59,4	E	31,5	O	83,2	HE	58,1	E
abr-13	54,1	E	43,8	M	67,4	HE	55,1	E
jul-13	4,2	UO	53,6	E	49,3	M	35,7	O
out-13	59,1	E	55,1	E	56,8	E	57,0	E
jan-14	41,4	M	45,9	M	66,2	HE	51,2	E
abr-14	41,4	M	53,2	E	65,1	HE	53,2	E
jul-14	57,1	E	36,2	O	48,6	M	47,3	M

() Resultado e classificação desconsiderando o parâmetro de fósforo total registrado na campanha realizada no ponto 7 em maio de 2012; *Resultado de campanha com monitoramento realizado somente no ponto 7

A Tabela 44 apresenta números e percentagens de campanhas, para as quais o estado trófico foi classificado como ultraoligotrófico, oligotrófico, mesotrófico, eutrófico e hipereutrófico pelo IET de Carlson (1977).

Tabela 44 – Número e percentagem de campanhas resultando em diferentes classes do estado trófico do reservatório de Rio Bonito, considerando os resultados das médias dos parâmetros, segundo o IET Carlson (1977)

Classificação	IET Fósforo total	IET Clorofila	IET Transparência	IETmédio
Ultraoligotrófico	1 (5 %); 1 (5 %)*	2 (10 %)	-	-; -*
Oligotrófico	-; -*	7 (35 %)	-	1 (5 %); 1 (5 %)*
Mesotrófico	2 (10 %); 2 (10 %)*	5 (25 %)	2 (10 %)	3 (15 %); 3 (15 %)*
Eutrófico	17 (85 %), 17 (85 %)*	4 (20 %)	5 (25 %)	15 (75 %); 15 (75 %)*
Hipereutrófico	-	2 (10 %)	13 (65 %)	1 (5 %); 1 (5 %)*

*Número e percentagem de campanhas desconsiderando o parâmetro de fósforo total na campanha realizada no ponto 7 em maio de 2012

Considerando o IET (fósforo) de Carlson (1977), calculado a partir das médias das concentrações de fósforo total nos pontos 2 e 7, o reservatório de Rio Bonito foi classificado como eutrófico em dezessete das vinte campanhas realizadas, 85 %. De acordo com o parâmetro clorofila-a, para doze das vinte campanhas, 60 %, o estado trófico foi classificado como oligotrófico ou mesotrófico. Relativamente à transparência, para treze das vinte campanhas, 65 %, o reservatório foi classificado como hipereutrófico.

O IET médio (IETm) de Carlson (1977) indicou para o reservatório da PCH de Rio Bonito condições mesotróficas ou oligotróficas nas campanhas de junho de 2009, maio de 2012, julho de 2013 e julho de 2014, correspondentes ao semestre geralmente de estiagem (abril a setembro). Para as demais campanhas, o estado trófico foi classificado predominantemente como eutrófico, 75 %.

Cabe observar que para a campanha de maio de 2012, com ou sem a consideração do alto valor da concentração de fósforo total registrado no ponto 7 (0,78 mg/l) no cálculo de média, o IETm de Carlson (1977) indicou condições mesotróficas ao reservatório.

A Tabela 45 apresenta a classificação do estado trófico do reservatório Rio Bonito pelo IET de Carlson (1977), considerando médias anuais e média geral dos valores dos parâmetros considerados.

Tabela 45 - Classificação do estado trófico do reservatório de Rio Bonito, considerando médias anuais e média geral dos valores dos parâmetros considerados

Ano	IETm	Classificação
2008	56,6	Eutrófico
2009	54,1	Eutrófico
2010	56,6	Eutrófico
2011	54,2	Eutrófico
2012	53,8 (53,5)	Eutrófico (Eutrófico)
2013	55,2	Eutrófico
2014	52,8	Eutrófico
Média Geral	56,7 (56,4)	Eutrófico (Eutrófico)

() Resultado e classificação desconsiderando o valor do parâmetro fósforo total registrado no monitoramento realizado no ponto 7 em maio de 2012;

Considerando valores das médias anuais dos parâmetros, entre 2008 e 2014, o estado trófico foi classificado, para todos os anos, como eutrófico pelo IET médio de Carlson (1977), com ou sem a consideração do alto valor de fósforo total registrado na campanha de maio de 2012.

O IET de Carlson calculado a partir das médias gerais dos valores de parâmetros registrados em todas as campanhas, classificou o estado trófico do reservatório de Rio Bonito como eutrófico.

OECD (1982)

Classificações tróficas do reservatório de Rio Bonito, segundo OECD (1982 *apud* LAMPARELLI, 2004), considerando as concentrações de fósforo, clorofila-a e transparência são apresentadas na Tabela 46.

Tabela 46 – Classificação de estado trófico, segundo OECD (1982 *apud* LAMPARELLI, 2004) (continua)

Data	Ponto 2						Ponto 7					
	PT (µg/l)	Class	Cla (µg/l)	Class	Trans (m)	Class	PT (µg/l)	Class	Cla (µg/l)	Class	Trans (m)	Class
out/08	19,7	M	1,09	O	0,6	HE	26,6	M	1,09	O	0,7	HE
dez/08	29,8	M	0,82	UO	0,5	HE	29,8	M	12,69	E	0,5	HE
fev/09	8,8	O	4,87	M	0,9	HE	7,1	O	3,66	M	1,0	HE
abr/09	17,0	M	5,14	M	0,4	HE	21,0	M	21,45	E	1,4	HE
jun/09	10,0	M	3,99	M	2,1	E	16,0	M	1,03	O	1,0	HE
ago/09	1,0	UO	0,54	UO	1,0	HE	16,0	M	7,64	M	1,0	HE
nov/10	70,0	E	12,60	E	1,1	HE	80,0	E	2,70	M	0,9	HE

Tabela 46 – Classificação de estado trófico, segundo OECD (1982 apud LAMPARELLI, 2004) (conclusão)

Data	Ponto 2						Ponto 7					
	PT (µg/l)	Class	Cla (µg/l)	Class	Trans (m)	Class	PT (µg/l)	Class	Cla (µg/l)	Class	Trans (m)	Class
fev/11	40,0	E	3,70	M	0,9	HE	140,0	HE	1,20	O	0,3	HE
mai/11	40,0	E	1,30	O	1,2	HE	60,0	E	1,10	O	0,7	HE
ago/11	30,0	M	9,10	E	1,5	HE	10,0	O	6,40	M	1,5	HE
out/11	10,0	M	0,27	UO	0,2	HE	20,0	M	0,10	UO	0,2	HE
fev/12	50,0	E	2,05	O	0,6	HE	10,0	O	1,30	O	0,5	HE
mai/12	10,0	M	0,32	UO	0,5	HE	780,0	HE	0,20	UO	0,5	HE
ago/12	-	-	-	-	-	-	100,0	E	1,10	O	0,2	HE
abr/13	12,0	M	1,40	O	0,7	HE	7,0	O	6,30	M	0,5	HE
jul/13	1,0	UO	10,40	E	2,4	E	1,0	UO	10,60	E	1,8	E
out/13	67,0	E	20,20	E	1,5	HE	62,0	E	4,20	M	1,0	HE
jan/14	2,0	UO	4,09	M	1,0	HE	4,0	UO	5,46	M	0,3	HE
abr/14	2,0	UO	6,00	M	1,0	HE	4,0	UO	14,00	E	0,4	HE
jul/14	8,0	O	0,81	UO	3,6	M	31,0	M	2,73	M	0,8	HE

Considerando os valores de fósforo total registrados no reservatório de Rio Bonito, o modelo OECD (1982) indicou condições eutróficas nos pontos 2 e 7 para a campanha de novembro de 2010, na qual foi registrada alta precipitação pluviométrica, 278,9 mm. Quanto à campanha de janeiro de 2014, na qual ocorreu baixa precipitação, 12 mm, o estado trófico foi enquadrado na classe ultraoligotrófico, considerando os resultados dos monitoramentos nos dois pontos.

A Tabela 47 apresenta números e percentagens de campanhas, para as quais os estados tróficos foram classificados como ultraoligotrófico, oligotrófico, mesotrófico, eutrófico e hipereutrófico segundo modelo OECD (1982), considerando os resultados dos monitoramentos nos pontos 2 e 7.

Tabela 47 – Número e percentagem de campanhas, para as quais o estado trófico foi classificado segundo OECD (1982) nos pontos 2 e 7

Classificação	Ponto 2			Ponto 7		
	Fósforo	Clorofila-a	Transparência	Fósforo	Clorofila-a	Transparência
Ultraoligotrófico	4 (21,1 %)	5 (26,3 %)	-	3 (15,0 %)	2 (10,0 %)	-
Oligotrófico	2 (10,5 %)	4 (21,05 %)	-	4 (20,0 %)	6 (30,0 %)	-
Mesotrófico	8 (42,1 %)	6 (31,6 %)	1 (5,3 %)	7 (35,0 %)	8 (40,0 %)	-
Eutrófico	5 (26,3 %)	4 (21,05 %)	2 (10,5 %)	4 (20,0 %)	4 (20,0 %)	1 (5,0 %)
Hipereutrófico	-	-	16 (84,2 %)	2 (10,0 %)	-	19 (95,0 %)

Para o ponto 2, considerando as concentrações de fósforo total, treze das dezenove campanhas, 68,4%, corresponderam às classes eutrófica ou mesotrófica. Quanto aos valores de clorofila-a, para seis das dezenove campanhas, 31,6 %, os estados foram enquadrados na classe mesotrófico. Cabe observar que para as demais campanhas as percentagens de classificações como ultraoligotrófico, 26,3%, oligotrófico, 21,05% e eutrófico, 21,05% foram muito próximas. Relativamente à transparência, para dezesseis das dezenove campanhas realizadas no ponto 2, 84, 2 %, os estados tróficos foram enquadrados na classe hipereutrófica.

Quando considerados os resultados do monitoramento de fósforo total no ponto 7, para quinze das vinte campanhas, 75 %, os estados tróficos foram classificados como oligotrófico, mesotrófico ou eutrófico. De acordo com os valores de clorofila-a, para quatorze campanhas, 70 %, o reservatório foi classificado como oligotrófico ou mesotrófico. Considerando os valores de transparência, para dezenove das vinte campanhas de monitoramento no ponto 7, 95,0 %, os estados foram enquadrados na classe hipereutrófica.

A Tabela 48 apresenta os estados tróficos estimados para o reservatório de Rio Bonito considerando as médias dos valores de parâmetros observados nos pontos 2 e 7, nas diferentes campanhas.

Tabela 48 – Estados tróficos estimados para o reservatório de Rio Bonito considerando as médias dos valores de parâmetros monitorados nos pontos 2 e 7 por campanha (continua)

Mês/Ano	Fósforo total (µg/L)	Class	Clorofila (µg/L)	Class	Transparência (m)	Class
out-08	23,15	M	1,09	O	0,65	HE
dez-08	29,80	M	6,76	M	0,50	HE
fev-09	7,95	O	4,27	M	0,95	HE
abr-09	19,00	M	13,30	E	0,90	HE
jun-09	13,00	M	2,51	M	1,55	E
ago-09	8,50	O	4,10	M	1,00	HE
nov-10	75,00	E	7,65	M	1,00	HE
fev-11	90,00	E	2,45	O	0,60	HE
mai-11	50,00	E	1,20	O	0,95	HE
ago-11	20,00	M	7,75	M	1,50	HE
out-11	15,00	M	0,19	UO	0,20	HE
fev-12	30,00	M	1,68	O	0,55	HE
mai-12	395,00 (10,0)	HE (M)	0,26	UO	0,50	HE
ago-12*	100,00	E	1,10	O	0,2	HE
abr-13	9,50	O	8,35	E	1,45	HE

Tabela 48 – Estados tróficos estimados para o reservatório de Rio Bonito considerando as médias dos valores de parâmetros monitorados nos pontos 2 e 7 por campanha (conclusão)

Mês/Ano	Fósforo total (µg/L)	Class	Clorofila (µg/L)	Class	Transparência (m)	Class
jul-13	1,00	UO	15,40	E	1,65	E
out-13	64,50	E	4,15	M	1,00	HE
jan-14	3,00	UO	5,73	M	0,65	HE
abr-14	3,00	UO	7,41	M	2,00	E
jul-14	19,50	M	2,73	M	0,80	HE

() Resultado e classificação desconsiderando o parâmetro fósforo total observado no ponto 7 na campanha realizada em maio de 2012; *Resultado de monitoramento realizado somente no ponto 7.

A Tabela 49 apresenta números e percentagens de campanhas para as quais o estado trófico foi classificado como ultraoligotrófico, oligotrófico, mesotrófico, eutrófico e hipereutrófico segundo OECD (1982), considerando as médias dos valores de parâmetros observados nos pontos 2 e 7, por campanha.

Tabela 49 – Número e percentagem de campanhas, para as quais o estado trófico foi classificado como ultraoligotrófico, oligotrófico, mesotrófico, eutrófico e hipereutrófico segundo OECD (1982), considerando as médias dos valores de parâmetros observados nos pontos 2 e 7 por campanha

Classificação	Fósforo total	Clorofila-a	Transparência
Ultraoligotrófico	3 (15 %); 3 (15 %)*	2 (10 %);	-
Oligotrófico	3 (15 %); 3 (15 %)*	5 (25 %);	-
Mesotrófico	8 (40 %); 9 (45%)*	10 (50 %);	-
Eutrófico	5 (25 %); 5 (25 %)*	3 (15 %);	3 (15 %);
Hipereutrófico	1 (5%); -*	-	17 (85 %);

*Número e percentagem de campanhas desconsiderando o valor registrado para o parâmetro de fósforo total da campanha realizada no ponto 7 em maio de 2012.

Considerando os resultados do monitoramento realizado na campanha de maio de 2012, para as médias dos valores do parâmetro de fósforo total nos dois pontos, o reservatório foi classificado como hipereutrófico pelo modelo OECD. Cabe observar que desconsiderando no cálculo de média o alto valor de fósforo total registrado na referida campanha no ponto 7 (0,78 mg/), o estado trófico seria classificado como mesotrófico.

A partir das médias das concentrações de fósforo total nos pontos 2 e 7 por campanha, o modelo OECD (1982) indicou condições mesotróficas ao reservatório para oito das vinte campanhas, 40 %. Caso o alto valor de fósforo total da campanha de maio de 2012 fosse desconsiderado, esta percentagem aumentaria para 45 %. A partir dos valores de clorofila-a, dez das vinte campanhas (50 %) corresponderam à classificação do estado trófico como mesotrófico. Considerando o parâmetro

transparência, para dezessete campanhas, 85 %, o estado trófico foi enquadrado como hipereutrófico.

A Tabela 50 apresenta a classificação do estado trófico do reservatório Rio Bonito pelo modelo OECD (1982), considerando as médias anuais e média geral dos valores dos parâmetros considerados.

Tabela 50 - Classificação do estado trófico do reservatório de Rio Bonito pelo modelo OECD (1982), considerando médias anuais e média geral dos valores dos parâmetros observados

Ano	Fósforo total (µg/L)	Class	Clorofila (µg/L)	Class	Transparência (m)	Class
2008	26,48	M	3,93	M	0,58	HE
2009	12,11	M	6,04	M	1,10	HE
2010	75,00	E	7,65	M	1,00	HE
2011	43,75	E	2,90	M	0,81	HE
2012	395,00 (42,5)	HE (E)	1,06	UO	0,46	HE
2013	25,00	M	8,85	E	1,32	HE
2014	8,5	O	5,52	M	1,18	HE
Média geral	47,53 (28,26)	E(M)	4,97	M	0,94	HE

() Resultado e classificação desconsiderando o valor observado para o parâmetro fósforo total no monitoramento realizado no ponto 7 em maio de 2012;

A partir das médias anuais de concentrações de fósforo total, o reservatório foi classificado como mesotrófico para os anos de 2008, 2009 e 2013 e eutrófico para 2010 e 2011. Considerando os valores de clorofila-a, o corpo d'água foi classificado como mesotrófico para todos os anos. Relativamente à transparência, o reservatório foi classificado como hipereutrófico para todos os anos.

Para o ano de 2012, considerando a média das concentrações de fósforo total, o estado trófico foi classificado como hipereutrófico. Cabe observar que desconsiderando o alto valor de fósforo registrado na campanha de maio de 2012 (0,78 mg/l), o reservatório seria classificado como eutrófico.

De acordo com as médias gerais dos valores de fósforo total, clorofila-a e transparência, o reservatório foi classificado como, eutrófico, mesotrófico e hipereutrófico, respectivamente.

IET de Carlson modificado por Toledo (1984)

Valores do Índice de Estado Trófico desenvolvido por Toledo (1984) foram estimados considerando fósforo total, clorofila-a e transparência da água. A Tabela 51 apresenta os resultados da classificação trófica, a partir dos resultados de monitoramento realizados no ponto 2, situado no reservatório de Rio Bonito.

Tabela 51 - Classificação do estado trófico do reservatório de Rio Bonito de acordo com o IET desenvolvido por Toledo (1984), considerando os monitoramentos realizados no ponto 2

Data	IET (Pt)	Class	IET (Cla)	Class	IET(DS)	Class	IETm	Class
out/08	39,72	O	31,45	O	58,14	E	43,10	O
dez/08	45,70	M	28,57	O	60,77	E	45,01	M
fev/09	28,10	O	46,45	M	52,29	M	42,28	O
abr/09	37,60	O	46,99	M	63,99	E	49,52	M
jun/09	29,94	O	44,46	M	40,06	O	38,16	O
ago/09	-3,28	UO	24,50	O	50,77	M	24,00	UO
nov/10	58,02	E	55,97	E	49,39	M	54,46	E
fev/11	49,94	M	43,69	O	52,29	M	48,64	M
mai/11	49,94	M	33,20	O	48,14	M	43,76	O
ago/11	45,79	M	52,71	M	44,92	M	47,81	M
out/11	29,94	O	17,44	UO	73,99	E	40,46	O
fev/12	53,16	M	37,77	O	58,14	E	49,69	M
mai/12	29,94	O	19,14	UO	60,77	E	36,62	O
abr/13	32,57	O	33,94	O	55,91	E	40,81	O
jul/13	-3,28	UO	54,05	E	38,14	O	29,64	O
out/13	57,38	E	60,71	E	44,92	M	54,34	E
jan/14	6,72	UO	44,71	M	50,77	M	34,07	O
abr/14	6,72	UO	48,53	M	50,77	M	35,34	O
jul/14	26,72	O	28,46	O	32,29	O	29,16	O

A Tabela 52 apresenta números e percentagens de campanhas para as quais o estado trófico foi classificado como ultraoligotrófico, oligotrófico, mesotrófico, eutrófico e hipereutrófico, segundo o IET de Carlson modificado por Toledo (1984), a partir dos resultados de monitoramentos no ponto 2.

Tabela 52- Número e percentagem de campanhas correspondentes a diferentes classes de estado trófico segundo IET de Carlson modificado por Toledo (1984), considerando resultados de monitoramentos no ponto 2

Classificação	IET(PT)	IET(Cla)	IET(DS)	IETmédio
Ultraoligotrófico	4 (21,1 %)	2 (10,5 %)	-	1 (5,3 %)
Oligotrófico	8 (42,1 %)	8 (42,1 %)	3 (15,8 %)	11 (57,9 %)
Mesotrófico	5 (26,3 %)	6 (31,6 %)	9 (47,4 %)	5 (26,3 %)
Eutrófico	2 (10,5 %)	3 (15,8 %)	7 (36,8 %)	2 (10,5 %)
Hipereutrófico	-	-	-	-

Para a campanha de agosto de 2009, na qual ocorreu baixa precipitação pluviométrica, 17,2 mm, o Índice de Estado Trófico de Toledo (1984), a partir dos valores da concentração de clorofila-a registrados no ponto 2, indicou condição oligotrófica no reservatório, enquanto que para o parâmetro fósforo total, a condição estabelecida foi ultraoligotrófica.

Para as campanhas realizadas em novembro de 2010 e outubro de 2013, no ponto 2, correspondentes ao semestre geralmente mais chuvoso (outubro a março), os estados tróficos foram classificados como eutróficos, segundo os IETs de Toledo (1984).

Considerando os valores do parâmetro de fósforo total no ponto 2, o IET de Toledo (1984) indicou condições oligotróficas ou mesotróficas para treze das dezenove campanhas (68,4 %). Segundo valores de clorofila-a, as condições oligotróficas e mesotróficas foram preponderantes nas campanhas, 42,1 % e 31,6 %. Relativamente à transparência, em 84,2 % das campanhas realizadas, o reservatório de Rio Bonito foi classificado como mesotrófico ou eutrófico.

Os valores calculados através do IET médio (IETm) desenvolvido por Toledo (1984), indicaram que 57,9 % das campanhas realizadas no ponto 2, apresentaram condições oligotróficas. Cabe observar que as campanhas em que os estados tróficos foram enquadrados nas classes eutrófica e ultraoligotrófica, ocorreram em períodos chuvosos e de estiagem, respectivamente.

A Tabela 53 apresenta os resultados de classificação de estado trófico, segundo Toledo (1984), considerando os parâmetros de fósforo total, clorofila-a e transparência para as campanhas realizadas no ponto 7, situado no interior do reservatório de Rio Bonito.

Tabela 53 - Classificação do estado trófico do reservatório de Rio Bonito, no ponto 7, segundo o IET desenvolvido por Toledo (1984) (continua)

Data	IET (Pt)	Class	IET (Cla)	Class	IET (DS)	Class	IETm	Class
out/08	44,1	M	31,5	O	55,9	E	43,8	O
dez/08	45,7	M	56,1	E	60,8	E	54,2	E
fev/09	25,0	O	43,6	O	50,8	M	39,8	O
abr/09	40,6	O	61,3	E	45,9	M	49,3	M

Tabela 53 - Classificação do estado trófico do reservatório de Rio Bonito, no ponto 7, segundo o IET desenvolvido por Toledo (1984) (conclusão)

Data	IET (Pt)	Class	IET (Cla)	Class	IET (DS)	Class	IETm	Class
jun/09	36,7	O	30,9	O	50,8	M	39,5	O
ago/09	36,7	O	51,0	M	50,8	M	46,2	M
nov/10	59,9	E	40,5	O	52,3	M	50,9	M
fev/11	68,0	E	32,4	O	68,1	E	56,2	E
mai/11	55,8	E	31,5	O	55,9	E	47,7	M
ago/11	29,9	O	49,2	M	44,9	M	41,3	O
out/11	39,9	O	7,5	UO	74,0	E	40,5	O
fev/12	29,9	O	33,2	O	60,8	E	41,3	O
mai/12	92,8	HE	14,4	UO	60,8	E	56,0	E
ago/12	63,2	E	31,5	O	74,0	E	56,2	E
abr/13	24,8	O	49,0	M	60,8	E	44,9	M
jul/13	-3,3	UO	54,2	E	42,3	O	31,1	O
out/13	56,3	E	45,0	M	50,8	M	50,7	M
jan/14	16,7	UO	47,6	M	68,1	E	44,1	M
abr/14	16,7	UO	57,0	E	64,0	E	45,9	M
jul/14	46,3	M	40,6	O	54,0	M	47,0	M

Para a campanha de maio de 2012, na qual foi registrada a maior concentração de fósforo total (0,78 mg/l), no ponto 7, segundo o IET de Toledo (1984), o reservatório foi classificado como hipereutrófico. De acordo com os valores de clorofila-a, o estado trófico da referida campanha foi classificado como ultraoligotrófico.

A Tabela 54 apresenta número e percentagens de campanhas realizadas no ponto 7, para as quais o estado trófico foi classificado como ultraoligotrófico, oligotrófico, mesotrófico, eutrófico e hipereutrófico, segundo IET de Carlson modificado por Toledo (1984).

Tabela 54 - Número e percentagem de campanhas resultando em diferentes classes do estado trófico no ponto 7, segundo IET de Carlson modificado por Toledo (1984)

Classificação	IET(PT)	IET(Cla)	IET(Trans)	IETmédio
Ultraoligotrófico	3 (15 %)	2 (10 %)	-	-
Oligotrófico	8 (40 %)	9 (45 %)	1 (5 %)	7 (35 %)
Mesotrófico	3 (15 %)	5 (25 %)	8 (40 %)	9 (45 %)
Eutrófico	5 (25 %)	4 (20 %)	11 (55 %)	4 (20 %)
Hipereutrófico	1 (5 %)	-	-	-

Os resultados gerados a partir do cálculo do IET de fósforo total de Toledo (1984), indicaram que para treze das vinte campanhas (65 %) realizadas no ponto 7, o reservatório foi classificado como oligotrófico ou eutrófico. Para a clorofila-a, quatorze das vinte campanhas, 70 %, os estados tróficos foram enquadrados nas classes oligotrófica ou mesotrófica. Em relação a transparência, para onze das vinte campanhas (55 %), o reservatório foi classificado como eutrófico.

O IET médio desenvolvido por Toledo (1984) indicou para o reservatório de Rio Bonito, condições oligotróficas ou mesotróficas em mais de 50 % das campanhas realizadas no ponto 7.

A Tabela 55 apresenta os resultados de classificação segundo Toledo (1984), considerando as médias de valores de concentrações de fósforo total, clorofila-a e transparência, a partir dos resultados de monitoramento nos pontos 2 e 7, no interior do reservatório de Rio Bonito.

Tabela 55 - Classificação de estado trófico do reservatório de Rio Bonito, de acordo com o IET de Carlson modificado por Toledo (1984), considerando a média dos parâmetros por campanha

Data	IET-PT	Class	IET-Cla	Class	IET-DS	Class	IETm	Class
out/08	42,1	O	31,5	O	57,0	E	43,5	O
dez/08	45,7	M	49,7	M	60,8	E	52,1	M
fev/09	26,6	O	45,1	M	51,5	M	41,1	O
abr/09	39,2	O	56,5	E	52,3	M	49,3	M
jun/09	33,7	O	39,8	O	44,4	M	39,3	O
ago/09	27,6	O	44,7	M	50,8	M	41,0	O
nov/10	59,0	E	51,0	M	50,8	M	53,6	M
fev/11	61,6	E	39,6	O	58,1	E	53,1	M
mai/11	53,2	M	32,4	O	51,5	M	45,7	M
ago/11	39,9	O	51,1	M	44,9	M	45,3	M
out/11	35,8	O	13,6	UO	74,0	E	41,1	O
fev/12	45,8	M	35,7	O	59,4	E	46,9	M
mai/12	83,0 (29,9)	HE (O)	17,1	UO	60,8	E	53,6 (35,9)	M (O)
ago/12*	63,2	E	31,5	O	74,0	E	56,2	E
abr/13	29,2	O	44,1	M	58,1	E	43,8	O
jul/13	-3,3	UO	54,1	E	40,1	O	30,3	O
out/13	56,8	E	55,7	E	47,5	M	53,3	M
jan/14	12,6	UO	46,3	M	57,0	E	38,6	O
abr/14	12,6	UO	53,7	M	55,9	E	40,7	O
jul/14	39,6	O	36,3	O	39,4	O	38,4	O

() Resultado e classificação desconsiderando o parâmetro de fósforo total registrado na campanha realizada no ponto 7, em maio de 2012; *Resultado de campanha com monitoramento realizado somente no ponto 7.

A Tabela 56 apresenta número e percentagens de campanhas para as quais o estado trófico foi classificado como ultraoligotrófico, oligotrófico, mesotrófico, eutrófico e hipereutrófico pelo IET médio desenvolvido por Toledo (1984), considerando as médias dos valores de parâmetros observados nos pontos 2 e 7 por campanha.

Tabela 56 - Número e percentagem de campanhas resultando em diferentes classes do estado trófico, considerando as médias dos parâmetros, segundo o IET de Carlson modificado por Toledo (1984)

Classificação	IET-PT	IET-Cla	IET-DS	IET médio
Ultraoligotrófico	3 (15 %); 3(15 %)*	2 (10 %)	-	-
Oligotrófico	9 (45 %); 10 (50 %)*	7 (35 %)	2 (10 %)	10 (50 %); 11 (55 %)*
Mesotrófico	3 (15 %); 3 (15 %)*	8 (40 %)	8 (40 %)	10 (50 %); 9 (45 %)*
Eutrófico	4 (20 %); 4 (20 %)*	3 (15 %)	10 (50 %)	-
Hipereutrófico	1 (5 %); -*	-	-	-

*Número e percentagem de campanhas desconsiderando campanha realizada no ponto 7 em maio de 2012

Considerando as médias dos valores do parâmetro de fósforo total, o IET de Toledo (1984) indicou condição hipereutrófica ao reservatório de Rio Bonito somente para a campanha de maio de 2012. Cabe observar que desconsiderando o alto valor de fósforo total registrado na referida campanha (0,78 mg/), o estado trófico seria classificado como oligotrófico.

O IET médio de Carlson modificado por Toledo (1984) indicou condições oligotróficas ou mesotróficas ao reservatório para dez das vinte campanhas, 50 %. Caso o alto valor de fósforo total da campanha em maio de 2012 no ponto 7 fosse desconsiderado do cálculo, o IET médio de Toledo indicaria estado trófico oligotrófico para onze das vinte campanhas (55 %) e mesotrófico para nove (45 %).

A Tabela 57 apresenta a classificação do estado trófico do reservatório Rio Bonito pelo IET desenvolvido por Toledo (1984), considerando a médias anuais e média geral dos valores dos parâmetros considerados.

Tabela 57 - Classificação do estado trófico do reservatório de Rio Bonito pelo IET de Carlson modificado por Toledo (1984), considerando médias anuais e média geral dos valores dos parâmetros observados (continua)

Ano	IET-PT	Class	IET-Cla	Class	IET-DS	Class	IETm	Class
2008	44,0	O	44,3	M	58,8	E	49,01	M
2009	32,7	O	48,6	M	49,4	M	43,57	O
2010	59,0	E	51,0	M	50,8	M	53,58	M

2011	51,2	M	41,2	O	53,8	M	48,74	M
2012	72,4 (50,8)	E (M)	30,5	O	62,0	E	54,97 (48,48)	E (M)

Tabela 57 - Classificação do estado trófico do reservatório de Rio Bonito pelo IET de Carlson modificado por Toledo (1984), considerando médias anuais e média geral dos valores dos parâmetros observados (conclusão)

Ano	IET-PT	Class	IET-Cla	Class	IET-DS	Class	IETm	Class
2013	43,2	O	52,4	M	46,8	M	47,46	M
2014	27,6	O	47,7	M	48,3	M	41,21	O
Média Geral	52,4 (44,9)	M (M)	46,6	M	51,6	M	50,21 (47,71)	M (M)

() Resultado e classificação desconsiderando o valor do parâmetro fósforo total registrado no monitoramento realizado no ponto 7 em maio de 2012;

Para o ano de 2012, considerando as médias dos parâmetros de fósforo total, o IET Toledo (1984) indicou condição eutrófica ao reservatório. Caso o alto valor de fósforo total registrado em maio de 2012 fosse desconsiderado do cálculo, o reservatório seria classificado como mesotrófico, neste ano.

A partir do IET médio de Toledo (1984) anual, para quatro dos sete anos (57,1 %) o reservatório de Rio Bonito foi classificado como mesotrófico. Caso o alto valor de fósforo total registrado em maio de 2012 fosse desconsiderado, o estado trófico seria classificado como mesotrófico para cinco dos sete anos (71,4 %).

O IET médio de Carlson modificado por Toledo (1984), calculado a partir das médias gerais dos parâmetros, classificou o reservatório como mesotrófico, com ou sem a consideração do alto valor de fósforo total da campanha de maio de 2012.

Salas e Martino (1991)

A partir de registros de vazões médias mensais e concentrações de fósforo total (mg/l) situados no Ponto 1, a montante do reservatório de Rio Bonito, assim como os dados de área superficial média (2,2 km²) e volume total do reservatório (13.578.268 m³), foram calculados tempo de detenção hidráulica, profundidades médias e cargas de fósforo total afluente ao reservatório, para aplicação do modelo simplificado proposto por Salas e Martino (1991).

Na Tabela 58 são apresentados tempos de detenção considerando vazões médias do rio Santa Maria da Vitória (Ponto 1) e volume total do reservatório de Rio Bonito.

Tabela 58 - Tempo de detenção (anos) PCH Rio Bonito

Mês/Ano	Vazão média (m ³ /s)	Vazão média (m ³ /ano) x10 ⁶	Tempo de Detenção (anos)	Tempo de Detenção (meses)
out-08	1,79	56	0,241	2,89
dez-08	8,26	261	0,052	0,63
fev-09	5,09	161	0,085	1,01
abr-09	5,85	184	0,074	0,88
jun-09	3,91	123	0,110	1,32
ago-09	2,35	74	0,183	2,20
nov-10	15,59	492	0,028	0,33
fev-11	3,40	107	0,127	1,52
mai-11	3,78	119	0,114	1,37
ago-11	2,09	66	0,206	2,47
out-11	3,07	97	0,140	1,68
fev-12	4,23	133	0,102	1,22
mai-12	3,18	100	0,136	1,63
ago-12	3,54	112	0,122	1,46
abr-13	6,29	198	0,068	0,82
jul-13	2,45	77	0,176	2,11
out-13	2,56	81	0,168	2,02
jan-14	6,67	210	0,065	0,78
abr-14	5,10	161	0,084	1,01
jul-14	3,16	100	0,136	1,64

A Tabela 59 mostra os tempos de detenção calculados considerando as médias anuais de vazões médias no ponto 1 e volume total do reservatório de Rio Bonito.

Tabela 59 - Tempo de detenção na PCH Rio Bonito considerando médias anuais

Ano	Vazão média (m ³ /s)	Vazão média (m ³ /ano) x10 ⁶	Tempo de Detenção (anos)	Tempo de Detenção (meses)
2008	5,02	158	0,086	1,03
2009	4,30	136	0,100	1,20
2010	15,59	492	0,028	0,33
2011	3,09	97	0,140	1,67
2012	3,65	115	0,118	1,42
2013	3,77	119	0,114	1,37
2014	4,97	157	0,087	1,04

A Tabela 60 mostra as cargas de fósforo total calculados a partir das vazões e das concentrações de fósforo total no ponto 1, além das classificações de estado trófico, para cada campanha.

Tabela 60 - Cargas de fósforo total estimadas a partir do monitoramento no Ponto 1 e classificação de estado trófico de acordo com o modelo de Salas e Martino (1991) para o reservatório de Rio Bonito

Mês/Ano	Fósforo Total (mg/L)	Vazão média (m³/s)	Fósforo Total (mg/m²ano)	L(P) (g/m²ano)	P(mg/)	Classificação
out-08	0,093	1,79	2368,00	2,37	0,047	Mesotrófico
dez-08	0,020	8,26	2403,81	2,40	0,014	Oligotrófico
fev-09	0,019	5,09	1364,64	1,36	0,012	Oligotrófico
abr-09	0,099	5,84	8295,09	8,29	0,064	Mesotrófico
jun-09	0,053	3,91	2969,51	2,97	0,032	Mesotrófico
ago-09	0,068	2,35	2291,90	2,29	0,037	Mesotrófico
nov-10	0,060	15,59	13412,48	13,41	0,045	Mesotrófico
fev-11	0,170	3,40	8284,78	8,28	0,099	Eutrófico
mai-11	0,020	3,78	1082,89	1,08	0,012	Oligotrófico
ago-11	0,010	2,09	300,11	0,30	0,005	Oligotrófico
out-11	0,010	3,07	440,69	0,44	0,006	Oligotrófico
fev-12	0,040	4,23	2424,12	2,42	0,024	Oligotrófico
mai-12	3,340	3,18	152087,58	152,09	1,924	Eutrófico
ago-12	0,140	3,54	7109,76	7,11	0,082	Eutrófico
abr-13	0,032	6,29	2884,04	2,88	0,021	Oligotrófico
jul-13	0,019	2,45	667,36	0,67	0,010	Oligotrófico
out-13	0,093	2,56	3414,09	3,41	0,051	Mesotrófico
jan-14	0,053	6,67	5064,45	5,06	0,035	Mesotrófico
abr-14	0,003	5,09	219,21	0,22	0,002	Oligotrófico
jul-14	0,025	3,16	1131,29	1,13	0,014	Oligotrófico

A Tabela 61 apresenta números e percentagens de campanhas, para as quais o estado trófico foi classificado como oligotrófico, mesotrófico e eutrófico segundo o modelo de Salas e Martino (1991) no reservatório de Rio Bonito.

Tabela 61 - Número e percentagem de campanhas para as quais o estado trófico foi classificado como oligotrófico, mesotrófico e eutrófico no reservatório de Rio Bonito, segundo modelo Salas e Martino (1991)

Classificação	Salas e Martino (1991)
Oligotrófico	10 (50 %)
Mesotrófico	7 (35 %)
Eutrófico	3 (15 %)

Segundo Salas e Martino (1991), valores de fósforo total abaixo de 0,03 mg/l indicam estado oligotrófico, valores entre 0,03 mg/l e 0,07 mg/l indicam mesotrófico e acima de 0,07 mg/l, eutrófico.

Para dez das vinte campanhas (50 %) o modelo de Salas e Martino (1991) indicou condições oligotróficas ao reservatório. Nas campanhas realizadas em fevereiro de 2011, maio de 2012 e agosto de 2012 (15 %), os estados tróficos foram classificados como eutróficos. Para as demais, foi mesotrófico.

A Tabela 62 apresenta as cargas de fósforo total calculadas a partir das médias anuais e gerais das vazões e das concentrações de fósforo total no ponto 1, além das classificações de estado trófico.

Tabela 62 - Cargas de fósforo anuais e gerais estimadas a partir do monitoramento no ponto 1 e classificação de estado trófico de acordo com o modelo de Salas e Martino (1991) para o reservatório de Rio Bonito

Ano	Fósforo Total (mg/l)	Vazão média (m ³ /s)	Fósforo Total (mg/m ² ano)	L(P) (g/m ² ano)	P(mg/l)	Class
2008	0,06	5,02	4061,21	4,06	0,04	M
2009	0,06	4,30	3677,43	3,68	0,04	M
2010	0,06	15,59	13412,48	13,41	0,05	M
2011	0,05	3,09	2322,57	2,32	0,03	M
2012	1,17 (0,09)	3,65	61374,01(5012,41)	61,37 (5,01)	0,70 (0,05)	E (M)
2013	0,05	3,77	2591,38	2,59	0,03	O
2014	0,03	4,97	1924,89	1,92	0,02	O
Média geral	0,21 (0,06)	5,77	17451,59 (4650,6)	17,45 (4,65)	0,13 (0,4)	E (M)

() Resultado e classificação desconsiderando o parâmetro fósforo total observado no ponto 1 na campanha realizada em maio de 2012

A partir das médias anuais de concentração de fósforo total e vazão, o reservatório foi classificado como mesotrófico para quatro dos sete anos, eutrófico para um ano (2012) e oligotrófico para dois anos (2013 e 2014).

Cabe observar que desconsiderando o alto valor de fósforo total registrado na campanha de maio de 2012, para este ano o estado trófico seria classificado como mesotrófico.

De acordo com as médias gerais dos parâmetros observados, o reservatório de Rio Bonito foi classificado como eutrófico, segundo modelo de Salas e Martino (1991). Salienta-se que caso o alto valor de fósforo total registrado na campanha de maio de 2012 fosse desconsiderado dos cálculos, o estado trófico seria classificado como mesotrófico pela média geral.

Classificação de acordo com a distribuição de probabilidades de níveis tróficos

Com a utilização das curvas de distribuição probabilística de Salas e Martino (1991) para lagos tropicais foram obtidas as probabilidades de ocorrência de diferentes níveis tróficos nos pontos situados no interior do reservatório de Rio Bonito (2 e 7), mostradas na Tabela 63. Gráficos correlatados são apresentados em meio digital.

Tabela 63 – Distribuição de probabilidade do estado trófico nos pontos 2 e 7, situados no interior do reservatório de Rio Bonito

Data	Ponto 2						Ponto 7					
	PT (mg/m ³)	HE	Probabilidade (%)				PT (mg/m ³)	HE	Probabilidade (%)			
			E	M	O	UO			E	M	O	UO
out/08	19,7			16	72	12	26,6			43	54	3
dez/08	29,8		1,5	54	43	1,5	29,8		2	54	44	
fev/09	8,8				23	77	7,1				12	88
abr/09	17			10	71	19	21		1	19	70	10
jun/09	10			1	33	66	16			6	68	26
ago/09	1					100	16			6	68	26
nov/10	70	3	51	46			80	3	61	35	1	
fev/11	40		7	70	23		140	23	68	9		
mai/11	40		7	70	23		60	1	32	61	6	
ago/11	30		2	56	41	1	10			1	33	66
out/11	10			1	33	66	20			17	71	12
fev/12	50	1	17	70	12		10			1	33	66
mai/12	10			1	33	66	780	100				
ago/12	-	-	-	-	-	-	100	9	71	20		
abr/13	12			2	52	46	7				12	88
jul/13	1					100	1					100
out/13	67	2	51	47			62	1	34	60	15	
jan/14	2					100	4				2	98
abr/14	2					100	4				2	98
jul/14	8				17	83	31		2	56	41	1

□ Maiores percentagens de classificação; HE: hipereutrófico; E: eutrófico; M: mesotrófico; O: oligotrófico; UO: ultraoligotrófico

Para as campanhas realizadas em novembro de 2010 e outubro de 2013, no ponto 2, correspondentes ao período geralmente chuvoso (outubro a março), os estados tróficos foram classificados como eutróficos, segundo a curva probabilística de Salas e Martino (1991).

Para nove das dezenove campanhas realizadas no ponto 2 (47,4 %), o reservatório foi classificado como ultraoligotrófico, sendo que seis destas (66,7 %) ocorreram no semestre geralmente de estiagem (abril a setembro).

Quanto ao ponto 7, para a campanha de maio de 2012, na qual foi registrada a maior concentração de fósforo total no reservatório, o estado trófico foi enquadrado como hipereutrófico.

A Tabela 64 apresenta números e percentagens de campanhas, para as quais os estados tróficos foram classificados como ultraoligotrófico, oligotrófico, mesotrófico, eutrófico e hipereutrófico através da curva de distribuição probabilística Salas e Martino (1991), considerando os resultados dos monitoramentos nos pontos 2 e 7.

Tabela 64 - Número e percentagem de campanhas, para as quais o estado trófico foi classificado segundo curva de distribuição probabilística de Salas e Martino (1991) nos pontos 2 e 7

Classificação	Ponto 2	Ponto 7
Ultraoligotrófico	9 (47,4 %)	7 (35,0 %)
Oligotrófico	3 (15,8 %)	5 (25,0 %)
Mesotrófico	5 (26,3 %)	4 (20,0 %)
Eutrófico	2 (10,5 %)	3 (15,0 %)
Hipereutrófico	-	1 (5,0 %)

Para o ponto 2, considerando as concentrações de fósforo total, nove das dezenove campanhas realizadas (47,7 %) corresponderam a classe ultraoligotrófica. Quanto ao ponto 7, para doze das vinte campanhas, 60 %, o estado trófico foi classificado como ultraoligotrófico ou oligotrófico.

A Tabela 65 apresenta os estados tróficos estimados para o reservatório de Rio Bonito considerando as médias dos valores de parâmetros observados nos pontos 2 e 7, nas diferentes campanhas, segundo a curva de distribuição de Salas e Martino (1991).

Tabela 65 - Estados tróficos estimados para o reservatório de Rio Bonito considerando as médias dos valores de parâmetros monitorados nos pontos 2 e 7, por campanha, segundo curva de Salas e Martino (1991) (continua)

Mês/Ano	Fósforo total	HE	Probabilidade (%)				UO
			E	M	O		
out/08	23,15			23	68		9
dez/08	29,80		1,5	54	43		1,5

fev/09	7,95	18	82	
abr/09	19,00	15	72	13

Tabela 65 - Estados tróficos estimados para o reservatório de Rio Bonito considerando as médias dos valores de parâmetros monitorados nos pontos 2 e 7, por campanha, segundo curva de Salas e Martino (1991) (conclusão)

Mês/Ano	Fósforo total	Probabilidade %					UO
		HE	E	M	O		
jun/09	13,00			3	52		45
ago/09	8,50			1	20		79
nov/10	75,00	3	57	40	1		
fev/11	90,00	5	67	27	1		
mai/11	50,00	1	19	70	10		
ago/11	20,00			17	71		12
out/11	15,00			7	68		25
fev/12	30,00		2	56	41		1
mai/12	395,00 (10,00)	97	3	(1)	(33)		(66)
ago/12*	100,00	9	71	20			
abr/13	9,50			1	29		70
jul/13	1,00						100
out/13	64,50	1	43	52	4		
jan/14	3,00				1		99
abr/14	3,00				1		99
jul/14	19,50			16	72		12

□ Maiores percentagens de classificação; () Resultado e classificação desconsiderando o parâmetro fósforo total observado no ponto 7 na campanha realizada em maio de 2012; *Resultado de monitoramento realizado somente no ponto 7.

Para as campanhas de novembro de 2010 e fevereiro de 2011, correspondentes ao semestre geralmente mais chuvoso (outubro a março), os estados tróficos foram enquadrados na classe eutrófico, através da curva probabilística de Salas e Martino (1991).

Considerando as médias das concentrações de fósforo total nos pontos 2 e 7 por campanha, o estado trófico foi classificado como hipereutrófico somente para campanha de maio de 2012. Caso o alto valor de fósforo total da referida campanha (0,78 mg/l) fosse desconsiderado do cálculo, o reservatório seria classificado como ultraoligotrófico.

A Tabela 66 apresenta números e percentagens de campanhas, para as quais os estados tróficos foram classificados como ultraoligotrófico, oligotrófico, mesotrófico, eutrófico e hipereutrófico segundo a curva probabilística de Salas e Martino (1982), considerando as médias dos valores de parâmetros observados nos pontos 2 e 7.

Tabela 66 - Número e percentagem de campanhas, para as quais o estado trófico foi classificado como ultraoligotrófico, oligotrófico, mesotrófico, eutrófico e hipereutrófico segundo a curva probabilística de Salas e Martino (1991), considerando as médias dos valores de parâmetros observados nos pontos 2 e 7, por campanha

Classificação	Curva probabilística
Ultraoligotrófico	6 (30 %); 7 (35 %)*
Oligotrófico	6 (30 %); 6 (30 %)*
Mesotrófico	4 (20 %); 4 (20 %)*
Eutrófico	3 (15 %); 3 (15 %)
Hipereutrófico	1 (5 %); -*

*Número e percentagem de campanhas, desconsiderando o valor registrado para o parâmetro de fósforo total da campanha realizada no ponto 7 em maio de 2012

A partir das médias das concentrações de fósforo total nos pontos 2 e 7, por campanha, a curva de Salas e Martino (1991) indicou condições ultraoligotróficas ou oligotróficas para doze das vinte campanhas realizadas, 60 %. Caso o alto valor de fósforo total da campanha de maio de 2012 fosse desconsiderado do cálculo, a percentagem aumentaria para 65 %.

A Tabela 67 apresenta a classificação do estado trófico do reservatório Rio Bonito segundo a curva probabilística de Salas e Martino (1991), considerando as médias anuais e média geral dos parâmetros considerados.

Tabela 67 - Classificação do estado trófico do reservatório de Rio Bonito pela curva probabilística de Salas e Martino, considerando médias anuais e geral dos valores dos parâmetros observados

Ano	PT (mg/m ³)	HE	Probabilidade (%)				UO
			E	M	O		
2008	26,48		1	40	<u>56</u>		3
2009	12,11			2	<u>53</u>		45
2010	75,00	2	<u>57</u>	40	1		
2011	43,75		16	<u>72</u>	12		
2012	163,33 (42,50)	45	<u>52</u> (9)	3 (<u>71</u>)	(20)		
2013	25,00		1	34	<u>59</u>		6
2014	8,50			1	21		<u>78</u>
Média Geral	48,85 (29,6)	1	17	<u>71</u>	12		

 Maiores percentagens de classificação; () Resultado e classificação desconsiderando o valor observado para o parâmetro fósforo total no monitoramento realizado no ponto 7 em maio de 2012;

Considerando as médias anuais de concentrações de fósforo total nos pontos 2 e 7, o reservatório de Rio Bonito foi classificado como oligotrófico para os anos de 2008, 2009 e 2013, eutrófico para 2010, mesotrófico para 2011 e ultraoligotrófico para 2014.

Para o ano de 2012, considerando as médias das concentrações de fósforo total, o estado trófico foi classificado como eutrófico. No entanto, caso o alto valor de fósforo total da campanha de maio de 2012 (0,78 mg/l) fosse desconsiderado, o reservatório seria classificado como mesotrófico.

De acordo com as médias gerais dos valores de fósforo, com ou sem a consideração do alto valor de fósforo registrado na campanha de maio de 2012, o reservatório foi classificado como mesotrófico.

IET modificado por Lamparelli (2004)

A Tabela 68 apresenta os resultados de classificação trófica, segundo IET de Lamparelli (2004), a partir dos resultados dos monitoramentos nos pontos 2 e 7, situados no interior do reservatório de Rio Bonito.

Tabela 68 - Classificação de estado trófico para os pontos 2 e 7, situados no reservatório de Rio Bonito, segundo IET Lamparelli (2004)

Data	Ponto 2						Ponto 7					
	IET-PT	Class	IET-Cla	Class	IET	Class	IET-PT	Class	IET-Cla	Class	IET	Class
out/08	52,5	M	47,2	O	49,8	O	54,3	M	47,2	O	50,8	O
dez/08	55,0	M	45,7	UO	50,4	O	55,0	M	59,2	E	57,1	M
fev/09	47,6	O	54,5	M	51,1	O	46,3	UO	53,1	M	49,7	O
abr/09	51,6	O	54,8	M	53,2	M	52,9	M	61,8	E	57,3	M
jun/09	48,4	O	53,5	M	51,0	O	51,3	O	46,9	UO	49,1	O
ago/09	34,5	UO	43,8	UO	39,1	UO	51,3	O	56,7	M	54,0	M
nov/10	60,2	E	59,2	E	59,7	E	61,0	E	51,6	O	56,3	M
fev/11	56,8	M	53,1	M	55,0	M	64,4	HE	47,6	O	56,0	M
mai/11	56,8	M	48,0	O	52,4	M	59,3	E	47,2	O	53,2	M
ago/11	55,1	M	57,6	M	56,3	M	48,4	O	55,8	M	52,1	M
out/11	48,4	O	40,3	UO	44,4	UO	52,6	M	35,4	UO	44,0	UO
fev/12	58,2	M	50,2	O	54,2	M	48,4	O	48,0	O	48,2	O
mai/12	48,4	O	41,1	UO	44,8	UO	74,8	HE	38,8	UO	56,8	M
ago/12	-	-	-	-	-	-	62,4	E	47,2	O	54,8	M
abr/13	49,5	O	48,4	O	48,9	O	46,3	UO	55,8	M	51,0	O
jul/13	34,5	UO	58,2	M	46,3	UO	34,5	UO	58,3	M	46,4	UO
out/13	59,9	E	61,5	E	60,7	E	59,5	E	53,8	M	56,6	M
jan/14	38,7	UO	53,6	M	46,2	UO	42,9	UO	55,1	M	49,0	O
abr/14	38,7	UO	55,5	M	47,1	O	42,9	UO	59,7	E	51,3	O
jul/14	47,1	O	45,7	UO	46,4	UO	55,3	M	51,7	O	53,5	M

A Tabela 69 apresenta número e percentagens de campanhas em que os estados tróficos foram classificados como ultraoligotrófico, oligotrófico, mesotrófico, eutrófico, supereutrófico e hipereutrófico segundo IET Lamparelli (2004), considerando os resultados dos monitoramentos nos pontos 2 e 7.

Tabela 69 - Número e percentagem de campanhas, para as quais o estado trófico foi classificado segundo IET Lamparelli (2004) nos pontos 2 e 7

Classificação	Ponto 2			Ponto 7		
	IET-PT	IET-Cla	IETm	IET-PT	IET-Cla	IETm
Ultraoligotrófico	4 (21,1 %)	5 (26,3 %)	6 (31,6 %)	5 (25 %)	3 (15 %)	2 (10 %)
Oligotrófico	7 (36,8 %)	4 (21,1 %)	6 (31,6 %)	4 (20 %)	7 (35 %)	7 (35 %)
Mesotrófico	6 (31,6 %)	8 (42,1 %)	5 (26,3 %)	5 (25 %)	7 (35 %)	11 (65 %)
Eutrófico	2 (10,5 %)	2 (10,5 %)	2 (10,5 %)	4 (20 %)	3 (15 %)	-
Supereutrófico	-	-	-	-	-	-
Hipereutrófico	-	-	-	2 (10 %)	-	-

Para as campanhas realizadas em novembro de 2010 e outubro de 2013, no ponto 2, correspondentes ao semestre geralmente mais chuvoso (outubro a março), os estados tróficos foram classificados como eutróficos, segundo os IET (fósforo total), IET (clorofila-a) e IET médio desenvolvidos por Lamparelli (2004).

Considerando concentrações de fósforo total registradas no ponto 2, o IET de Lamparelli (2004) indicou condições oligotróficas ou mesotróficas ao reservatório para treze das dezenove campanhas realizadas, 68,4 %. De acordo com os valores de clorofila-a, para oito campanhas, 42,1 %, os estados tróficos foram classificados como mesotróficos. Cabe observar que para as campanhas em que os estados tróficos foram enquadrados nas classes ultraoligotrófico e oligotrófico, as percentagens apresentaram-se muito próximas, 26,1 % e 21,1 %. Segundo o IET médio, para doze das dezenove campanhas, 63,2 %, o reservatório foi classificado como ultraoligotrófico ou oligotrófico.

Quando considerados os resultados do monitoramento de fósforo total no ponto 7, para dez das vinte campanhas (50 %) os estados tróficos foram classificados como ultraoligotróficos ou mesotróficos. Segundo os valores de clorofila-a, para quatorze das vinte campanhas, 70 %, o IET de Lamparelli indicou condições oligotróficas ou mesotróficas ao reservatório. De acordo com o IET médio, os estados foram enquadrados na classe mesotrófico para onze campanhas, 65 %.

Segundo CETESB (2009), deve-se ter em conta que num corpo hídrico, em que o processo de eutrofização esteja limitado por fatores ambientais, como a temperatura da água ou a baixa transparência, o índice de Lamparelli (2004) relativo à clorofila-a irá refletir esse fato, classificando o estado trófico em um nível inferior àquele determinado pelo índice do fósforo. Dessa forma, no reservatório de Rio Bonito o índice de Lamparelli (2004) em relação a clorofila-a apresentou-se um nível inferior ao de fósforo para oito das dezenove campanhas (42,1 %), no ponto 2, e para dez das vinte campanhas (50 %), no ponto 7.

A Tabela 70 apresenta os estados tróficos estimados para o reservatório de Rio Bonito IET Lamparelli (2004), considerando as médias dos valores de parâmetros observados nos pontos 2 e 7, nas diferentes campanhas.

Tabela 70 – Classificação de estado trófico do reservatório de Rio Bonito, de acordo com o IET Lamparelli (2004), considerando médias dos valores de parâmetros monitorados nos pontos 2 e 7, por campanha.

Mês/Ano	IET Fósforo total	Class	IET Clorofila-a	Class	IET	Class
out-08	53,50	M	47,16	O	50,33	O
dez-08	55,03	M	56,10	M	55,57	M
fev-09	47,03	O	53,85	M	50,44	O
abr-09	52,31	M	59,42	E	55,86	M
jun-09	50,01	O	51,25	O	50,63	O
ago-09	47,43	O	53,64	M	50,54	O
nov-10	60,63	E	56,71	M	58,67	M
fev-11	61,73	E	51,12	O	56,43	M
mai-11	58,17	M	47,62	O	52,90	M
ago-11	52,62	M	56,77	M	54,69	M
out-11	50,87	O	38,45	UO	44,66	UO
fev-12	55,07	M	49,26	O	52,17	M
mai-12	70,69 (48,42)	HE (O)	40,12	UO	55,41(44,27)	M (UO)
ago-12*	62,37	E	47,19	O	54,78	M
abr-13	48,11	O	53,34	M	50,72	O
jul-13	55,83	M	58,26	M	57,05	M
out-13	55,46	M	59,00	M	57,23	M
jan-14	41,12	UO	54,40	M	47,76	O
abr-14	45,32	UO	58,02	M	51,67	O
jul-14	55,27	M	49,53	O	52,40	M

() Resultado e classificação desconsiderando o parâmetro fósforo total observado no ponto 7 na campanha realizada em maio de 2012; *Resultado de monitoramento realizado somente no ponto 7

Para a campanha de maio de 2012, o IET de Lamparelli (2004), calculado a partir das médias das concentrações de fósforo total nos pontos 2 e 7, indicou condição

hipereutrífica ao reservatório. Caso o alto valor de fósforo total da referida campanha (0,78 mg/l) fosse desconsiderado do cálculo de média, a classificação do estado trófico seria oligotrófica. De acordo com o IET médio (IETm), o estado trófico, considerando os resultados desta campanha, decairia de mesotrófico para ultraoligotrófico, caso fosse desconsiderado o alto valor de fósforo total.

A Tabela 71 apresenta números e percentagens de campanhas para as quais o estado trófico foi classificado como ultraoligotrófico, oligotrófico, mesotrófico, eutrófico, supereutrófico e hipereutrófico segundo IET de Lamparelli (2004), considerando as médias de parâmetros, por campanha, observados nos pontos 2 e 7.

Tabela 71 -Número e percentagem de campanhas para as quais o estado trófico foi classificado segundo IET de Lamparelli (2004), considerando as médias dos parâmetros observados nos pontos 2 e 7

Classificação	IET(PT)	IET(Cla)	IET
Ultraoligotrófico	2 (10 %); 2 (10 %)*	2 (10 %)	1 (5 %); 2 (10 %)
Oligotrófico	5 (25 %); 6 (35 %)*	7 (35 %)	7 (35 %); 7 (35 %)*
Mesotrófico	9 (45 %); 9 (45 %)*	10 (50 %)	12 (60 %); 11 (55 %)*
Eutrófico	3 (15 %); 3 (15 %)*	1 (5 %)	-; -*
Supereutrófico	-; -*	-	-; -*
Hipereutrófico	1 (5 %); -*	-	-; -*

*Número e percentagem de campanhas, desconsiderando o valor registrado para o parâmetro de fósforo total da campanha realizada no ponto 7 em maio de 2012

Considerando os valores das médias do parâmetro fósforo total dos dois pontos, por campanha, o IET de Lamparelli (2004), indicou condições mesotróficas para nove das vinte campanhas (45 %), com ou sem a consideração do alto valor de fósforo da campanha de maio de 2012. Quanto aos valores de clorofila-a, para dez das vinte campanhas, 50 %, os estados tróficos foram classificados como mesotróficos. Em relação ao IET médio, o reservatório foi classificado como mesotrófico em mais de 50 % das campanhas, com ou sem o valor de fósforo total da campanha de maio de 2012.

A Tabela 72 apresenta a classificação do estado trófico do reservatório Rio Bonito segundo IET de Lamparelli (2004), segundo as médias anuais e média geral dos valores dos parâmetros considerados.

Tabela 72 - Classificação de estado trófico do reservatório Rio Bonito pelo IET de Lamparelli (2004), considerando médias anuais e média geral dos valores dos parâmetros observados

Ano	IET Fósforo total	Class	IET Clorofila a	Class	IET	Class
2008	54,32	M	53,44	M	53,88	M
2009	49,58	O	55,55	M	52,57	M
2010	60,63	E	56,71	M	58,67	M
2011	57,36	M	51,94	O	54,65	M
2012	66,26 (57,18)	HE (M)	46,70	UO	56,48 (51,94)	M (O)
2013	53,97	M	57,42	M	55,70	M
2014	47,43	O	55,10	M	51,27	O
Média Geral	57,86 (54,71)	M (M)	54,59	M	56,23 (54,65)	M (M)

() Resultado e classificação desconsiderando o valor observado para o parâmetro fósforo total no monitoramento realizado no ponto 7 em maio de 2012;

A partir das médias anuais de concentrações de fósforo total, o IET de Lamparelli classificou o reservatório de Rio Bonito como hipereutrófico para o ano de 2012. Caso fosse desconsiderado no cálculo o alto valor de fósforo total da campanha de maio de 2012, o estado trófico seria classificado como mesotrófico.

De acordo com os resultados do IET médio de Lamparelli (2004), para seis dos sete anos (85,7 %) o estado trófico foi classificado como mesotrófico. Cabe observar que desconsiderando o alto valor de fósforo total da campanha de maio de 2012 nos cálculos, no ano de 2012 o reservatório seria classificado como oligotrófico.

Para a média geral dos parâmetros observados, com ou sem a consideração do alto valor de fósforo total na campanha de maio de 2012 nos cálculos, o reservatório foi classificado como mesotrófico segundo os IETs de Lamparelli (2004).

Índice de Estado Trófico proposto por Cunha para reservatórios (2012)

A equação do IET proposto por Cunha (2012) foi utilizada nos pontos de monitoramento localizados no Reservatório de Rio Bonito. A Tabela 73 apresenta a classificação de Cunha et al. (2013) no reservatório de Rio Bonito considerando o IET- Fósforo total, IET-Clorofila-a e para média aritmética destes IETs.

Tabela 73 - Classificação segundo IET proposto por Cunha et al. (2013) para o reservatório de Rio Bonito

Data	Ponto 2						Ponto 7					
	IET-PT	Class	IET-Cla	Class	IETrs	Class	IET-PT	Class	IET-Cla	Class	IETrs	Class
out/08	52,7	O	48,2	UO	50,4	UO	53,9	M	48,2	UO	51,0	UO
dez/08	54,3	M	47,1	UO	50,7	UO	54,3	M	57,1	E	55,7	M
fev/09	49,5	UO	53,6	M	51,5	O	48,6	UO	52,6	O	50,6	UO
abr/09	52,1	O	53,8	M	52,9	O	53,0	O	59,0	SE	56,0	E
jun/09	50,0	UO	52,9	O	51,4	O	51,9	O	48,0	UO	49,9	UO
ago/09	40,8	UO	45,7	UO	43,2	UO	51,9	O	55,2	M	53,5	M
nov/10	57,7	E	57,0	E	57,4	E	58,3	SE	51,4	O	54,9	M
fev/11	55,5	M	52,6	O	54,1	M	60,5	HE	48,5	UO	54,5	M
mai/11	55,5	M	48,8	UO	52,2	O	57,1	E	48,2	UO	52,7	O
ago/11	54,4	M	55,9	E	55,1	M	50,0	UO	54,6	M	52,3	O
out/11	50,0	UO	43,1	UO	46,5	UO	52,8	O	39,5	UO	46,1	UO
fev/12	56,4	E	50,5	UO	53,4	M	50,0	UO	48,8	UO	49,4	UO
mai/12	50,0	UO	43,7	UO	46,9	UO	67,4	HE	42,0	UO	54,7	M
ago/12	-	-	-	-	-	-	59,2	HE	48,2	UO	53,7	M
abr/13	50,7	UO	49,1	UO	49,9	UO	48,6	UO	54,5	M	51,5	O
jul/13	40,8	UO	56,3	E	48,6	UO	40,8	UO	56,4	E	48,6	UO
out/13	57,6	E	58,7	SE	58,2	SE	57,3	E	53,0	O	55,2	M
jan/14	43,6	UO	53,0	O	48,3	UO	46,3	UO	54,0	M	50,2	UO
abr/14	43,6	UO	54,3	M	49,0	UO	46,3	UO	57,4	E	51,9	O
jul/14	49,1	UO	47,1	UO	48,1	UO	54,5	M	51,5	O	53,0	O

Considerando as concentrações de fósforo total registradas no ponto 2, para as campanhas realizadas em novembro de 2010, fevereiro de 2012 e outubro de 2013, correspondentes ao semestre geralmente mais chuvoso (outubro a março), o IET de Cunha et al. (2013) indicou condições eutróficas ao reservatório. De acordo com o parâmetro clorofila-a, para a campanha realizada em outubro de 2013, o estado trófico foi classificado como supereutrófico.

Segundo os resultados do IET médio (IETrs) de Cunha et al. (2013), no ponto 2, o reservatório foi classificado como eutrófico para campanha de novembro de 2010 e supereutrófico para outubro de 2013. As demais campanhas o IET médio de Cunha indicou condições variando de ultraoligotrófica a mesotrófica.

Quando considerados os resultados do monitoramento de fósforo total no ponto 7, o estado trófico foi classificado como supereutrófico para a campanha realizada em novembro de 2010, período de alta pluviosidade (177,9 mm, nos 15 dias anteriores à data da amostragem). Para as concentrações de clorofila-a, em abril de 2009,

período geralmente de estiagem (abril a setembro), o reservatório foi classificado como supereutrófico. De acordo com o IET de Cunha et al. (2013) somente para a campanha de abril de 2009, o estado trófico foi classificado como eutrófico.

A Tabela 74 apresenta números e percentagens de campanhas para as quais o estado trófico foi classificado como ultraoligotrófico, oligotrófico, mesotrófico, eutrófico, supereutrófico e hipereutrófico segundo o IET de Cunha et al. (2013), considerando os parâmetros observados nos pontos 2 e 7.

Tabela 74 - Número de percentagem de campanhas para os quais os estados tróficos foram classificados segundo o IET de Cunha et al. (2013), considerando os valores de parâmetros observados nos pontos 2 e 7

Classificação	Ponto 2			Ponto 7		
	IET-PT	IET-Cla	IETrs	IET-PT	IET-Cla	IETrs
Ultraoligotrófico	10 (52,6 %)	9 (47,4 %)	10 (52,6 %)	7 (35 %)	8 (40 %)	7 (35 %)
Oligotrófico	2 (10,5 %)	3 (15,8 %)	4 (21 %)	4 (20 %)	4 (20 %)	5 (25 %)
Mesotrófico	4 (21,1 %)	3 (15,8 %)	3 (15,8 %)	3 (15 %)	4 (20 %)	7 (35 %)
Eutrófico	3 (15,8 %)	3 (15,8 %)	1 (5,3 %)	2 (10 %)	3 (15 %)	1 (5 %)
Supereutrófico	-	1 (5,2 %)	1 (5,3 %)	1 (5 %)	1 (5 %)	-
Hipereutrófico	-	-	-	3 (15 %)	-	-

Considerando os resultados do IET (fósforo total) e do IET médio (IETrs) de Cunha et al. (2013), no ponto 2, para dez de dezenove campanhas (52,6 %), os estados tróficos foram enquadrados na classe ultraoligotrófica. Segundo os valores de clorofila-a, para nove das dezenove campanhas (47,4 %), o reservatório foi classificado como ultraoligotrófico. Cabe observar que as classes oligotrófico, mesotrófico e eutrófico apresentaram percentagens de classificações iguais a 15,8 %.

A Tabela 75 apresenta a classificação segundo o IET Cunha et al. (2013) para o reservatório de Rio Bonito, considerando médias geométricas dos parâmetros observados nos pontos 2 e 7, por campanha.

Tabela 75 - Classificação do estado trófico segundo o IET de Cunha et al. (2013) para o Reservatório de Rio Bonito, considerando médias geométricas dos parâmetros observados nos pontos 2 e 7, por campanha (continua).

Mês/Ano	IET-PT	Class	IET-Cla	Class	IETrs	Class
out/08	53,3	M	48,2	UO	50,7	UO
dez/08	54,3	M	52,5	O	53,4	M

fev/09 49,1 UO 53,1 O 51,1 UO

Tabela 75 - Classificação do estado trófico segundo o IET de Cunha et al. (2013) para o Reservatório de Rio Bonito, considerando médias geométricas dos parâmetros observados nos pontos 2 e 7, por campanha (conclusão).

Mês/Ano	IET-PT	Class	IET-Cla	Class	IETrs	Class
abr/09	52,5	O	56,4	E	54,5	M
jun/09	50,9	UO	50,4	UO	51,1	UO
ago/09	46,3	UO	51,5	O	51,2	O
nov/10	58,0	E	54,2	M	56,6	E
fev/11	58,0	E	50,5	UO	54,9	M
mai/11	56,3	E	48,5	UO	52,4	O
ago/11	52,2	O	55,2	M	53,7	M
out/11	51,4	O	47,8	UO	49,6	UO
fev/12	53,2	M	49,6	UO	51,4	O
mai/12	58,7 (50)	SE (UO)	47,8	UO	53,3 (48,9)	M (UO)
ago/12*	59,2	HE	48,2	UO	53,7	M
abr/13	44,7	UO	51,8	O	48,2	UO
jul/13	49,2	UO	56,4	E	52,8	O
out/13	50,4	UO	55,9	E	53,2	M
jan/14	45,0	UO	53,5	M	49,2	UO
abr/14	47,7	UO	55,9	E	51,8	O
jul/14	54,5	M	49,7	UO	52,1	O

() Resultado e classificação desconsiderando o parâmetro fósforo total observado no ponto 7 na campanha realizada em maio de 2012; *Resultado de monitoramento realizado somente no ponto 7

A Tabela 76 apresenta números e percentagens de campanhas para as quais o estado trófico foi classificado como ultraoligotrófico, oligotrófico, mesotrófico, eutrófico, supereutrófico e hipereutrófico segundo IET de Cunha et al. (2013), considerando as médias de parâmetros observados nos pontos 2 e 7, por campanha.

Tabela 76 - Número e percentagem de campanhas de acordo com a classificação do estado trófico foi classificado segundo IET de Cunha et al. (2013), considerando as médias dos parâmetros observados nos pontos 2 e 7.

Classificação	IET-PT	IET-Cla	IETrs
Ultraoligotrófico	8 (40 %); 9 (45 %)*	9 (45 %)	6 (30 %); 7 (35 %)
Oligotrófico	3 (15 %); 3 (15 %)*	4 (20 %)	6 (30 %); 6 (30 %)*
Mesotrófico	4 (20 %); 4 (20 %)*	3 (20 %)	7 (35 %); 6 (30 %)*
Eutrófico	3 (15 %); 3 (15 %)*	4 (20 %)	1 (5 %); 1 (5 %)*
Supereutrófico	1 (5 %); -*	-	-; -*
Hipereutrófico	1 (5 %); 1 (5 %)*	-	-; -*

*Número e percentagem de campanhas, desconsiderando o valor registrado para o parâmetro de fósforo total da campanha realizada no ponto 7 em maio de 2012

Para a campanha realizada em novembro de 2010, nas quais foram registradas altas precipitações pluviométricas nos quinze dias anteriores a esta campanha (117,9 mm), o IET médio de Cunha indicou condições eutróficas ao reservatório. Para as demais campanhas, a classificação variou de ultraoligotrófica, oligotrófica ou mesotrófica.

Considerando os resultados do monitoramento realizado na campanha de maio de 2012, para o parâmetro fósforo total, o IET de Cunha indicou condição supereutrófica ao reservatório. Desconsiderando o alto valor de fósforo total (0,78 mg/l) registrado na referida campanha no cálculo de média, o estado trófico seria classificado como ultraoligotrófico. Segundo os valores de clorofila-a, para as campanhas realizadas em abril e 2009 e julho de 2013, correspondentes a períodos de estiagem (abril a setembro), a classe estimada foi a eutrófica.

O IET médio (IETrs) de Cunha indicou ao reservatório da PCH de Rio Bonito condições ultraoligotróficas, oligotróficas ou mesotróficas para dezenove das vinte campanhas realizadas (95 %), com ou sem a consideração do alto valor de fósforo total da campanha de maio de 2012.

A Tabela 77 apresenta a classificação do estado trófico do reservatório Rio Bonito segundo IET de Cunha et al. (2013), considerando médias anuais e média geral dos valores dos parâmetros considerados.

Tabela 77 - Classificação de estado trófico do reservatório Rio Bonito segundo o IET de Cunha et al. (2013), considerando médias anuais dos valores dos parâmetros considerados

Ano	IET-PT	Class	IET-Cla	Class	IETm	Class
2008	55,1	M	50,3	UO	52,7	O
2009	49,7	UO	52,8	O	51,3	O
2010	58,0	E	54,2	M	56,1	E
2011	54,5	M	50,5	UO	52,5	O
2012	56,6 (53,9)	E (M)	48,6	UO	52,6 (51,3)	O (O)
2013	49,3	UO	54,7	M	52,0	O
2014	47,2	UO	53,0	O	50,1	UO
Média Geral	52,0 (51,8)	O (O)	51,9	O	52,0	O (O)

() Resultado e classificação desconsiderando o valor do parâmetro fósforo total registrado no monitoramento realizado no ponto 7 em maio de 2012;

De acordo com as médias anuais do parâmetro de fósforo total, para o ano de 2012, o reservatório foi classificado como eutrófico. Cabe observar que se o alto valor de

fósforo total da campanha de maio de 2012 (0,78 mg/l) fosse desconsiderado do cálculo, o estado trófico seria enquadrado na classe mesotrófico.

A partir das médias geométricas gerais dos parâmetros observados, com ou sem o alto valor de fósforo total da campanha de maio de 2012, o reservatório foi classificado como oligotrófico.

Síntese dos resultados de Índices de estado trófico no reservatório de Rio Bonito

As Tabelas 78, 79 e 80 mostram síntese dos resultados da classificação de estado trófico do reservatório de Rio Bonito obtidos através dos diferentes modelos aplicados, considerando os valores de parâmetros observados nos pontos 2 e 7 e das médias destes valores.

Síntese de números e percentagens de campanhas, para as quais o estado trófico foi classificado como ultraoligotrófico, oligotrófico, mesotrófico, eutrófico, supereutrófico e hipereutrófico, segundo os modelos aplicados são apresentadas nas Tabelas 81, 82 e 83, de acordo com as legendas: SMS - Curva de Probabilidade Salas e Martino (1991), IET(PT)₁ - IET de fósforo total Carlson (1977), IET(Cla)₁ - IET de clorofila Carlson (1977), IETm₁ - IET médio de Carlson (1977), IET(PT)₂ - IET de fósforo total Carlson modificado por Toledo (1984), IET(Cla)₂ - IET da clorofila Carlson modificado por Toledo (1984), IETm₂ - IET médio de Carlson modificado por Toledo (1984), IET(PT)₃ - IET de fósforo total Lamparelli (2004), IET(Cla)₃ - IET da clorofila-a Lamparelli (2004), IETm₃ - IET médio de Lamparelli (2004), IET(PT)₄ - IET de fósforo total de Cunha et al. (2013), IET(Cla)₄ - IET da clorofila-a de Cunha et al. (2013) e IETm₄ - IET médio de Cunha et al. (2013).

Tabela 78 – Resultados das classificações de estado trófico do reservatório de Rio Bonito a partir dos resultados de monitoramentos no ponto 2

Ponto 2	PT (mg/)	Cla (µg/l)	SMS	IET (Pt) ₁	IET (Cla) ₁	IETm ₁	IET (Pt) ₂	IET (Cla) ₂	IETm ₂	IET (Pt) ₃	IET (Cla) ₃	IETm ₃	IET (Pt) ₄	IET (Cla) ₄	IETm ₄	Chuva (7d)	Chuva (15d)
out/08	0,020	1,092	O	E	O	E	O	O	O	M	O	O	O	UO	UO	4,90	35,70
dez/08	0,030	0,819	M	E	O	E	M	O	M	M	UO	O	M	UO	UO	80,60	157,50
fev/09	0,009	4,875	UO	E	M	E	O	M	O	O	M	O	UO	M	O	7,60	12,00
abr/09	0,017	5,144	O	E	M	E	O	M	M	O	M	M	O	M	O	27,10	98,20
jun/09	0,010	3,997	UO	E	M	M	O	M	O	O	M	O	UO	O	O	15,60	16,10
ago/09	0,001	0,546	UO	UO	O	O	UO	O	UO	UO	UO	UO	UO	UO	UO	1,70	1,70
nov/10	0,070	12,600	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	64,50	117,90
fev/11	0,040	3,700	M	E	M	E	M	O	M	M	M	M	M	O	M	0,00	9,50
mai/11	0,040	1,300	M	E	O	M	M	O	O	M	O	M	M	UO	O	1,00	1,00
ago/11	0,030	9,100	M	E	E	E	M	M	M	M	M	M	M	E	M	0,20	0,50
out/11	0,010	0,270	UO	E	UO	E	O	UO	O	O	UO	UO	UO	UO	UO	35,00	83,50
fev/12	0,050	2,050	M	E	O	E	M	O	M	M	O	M	E	UO	M	3,60	24,50
mai/12	0,010	0,320	UO	E	UO	M	O	UO	O	O	UO	UO	UO	UO	UO	0,50	19,70
abr/13	0,012	1,400	O	E	O	E	O	O	O	O	O	O	UO	UO	UO	0,00	5,80
jul/13	0,001	10,400	UO	UO	E	O	UO	E	O	UO	M	UO	UO	E	UO	0,50	2,10
out/13	0,067	20,200	E	E	HE	E	E	E	E	E	E	E	E	SE	SE	8,60	48,60
jan/14	0,002	4,096	UO	O	M	M	UO	M	O	UO	M	UO	UO	O	UO	0,00	0,00
abr/14	0,002	6,000	UO	O	M	M	UO	M	O	UO	M	O	UO	M	UO	6,20	14,70
jul/14	0,008	0,810	UO	E	O	M	O	O	O	O	UO	UO	UO	UO	UO	4,60	4,60
Média Geral	0,023	4,67	O	E	M	E	O	O	O	M	M	M	UO	O	O		

Legenda: SMS - Curva de Probabilidade Salas e Martino (1991), IET(Pt)₁ - IET de fósforo total Carlson (1977), IET(Cla)₁ - IET de clorofila Carlson (1977), IETm₁ - IET médio de Carlson (1977), IET(Pt)₂ - IET de fósforo total Carlson modificado por Toledo (1984), IET(Cla)₂ - IET da clorofila Carlson modificado por Toledo (1984), IETm₂ - IET médio de Carlson modificado por Toledo (1984), IET(Pt)₃ - IET de fósforo total Lamparelli (2004), IET(Cla)₃ - IET da clorofila-a Lamparelli (2004), IETm₃ - IET médio de Lamparelli (2004), IET(Pt)₄ - IET de fósforo total de Cunha et al. (2013), IET(Cla)₄ - IET da clorofila-a de Cunha et al. (2013) e IETm₄ - IET médio de Cunha et al. (2013).

Tabela 79 - Resultados das classificações de estado trófico do reservatório de Rio Bonito a partir dos resultados de monitoramentos no ponto 7

Ponto7	PT (mg/l)	Cla (µg/l)	SMS	IET (Pt) ₁	IET (Cla) ₁	IETm ₁	IET (Pt) ₂	IET (Cla) ₂	IETm ₂	IET (Pt) ₃	IET (Cla) ₃	IETm ₃	IET (Pt) ₄	IET (Cla) ₄	IETm ₄	Chuva (7d)	Chuva (15d)
out/08	0,027	1,092	O	E	O	E	M	O	O	M	O	O	M	UO	UO	4,90	35,70
dez/08	0,030	12,699	M	E	E	HE	M	E	E	M	E	M	M	E	M	80,60	157,50
fev/09	0,007	3,667	UO	E	M	E	O	O	O	UO	M	O	UO	O	UO	7,60	12,00
abr/09	0,021	21,452	O	E	HE	E	O	E	M	M	E	M	O	SE	E	27,10	98,20
jun/09	0,016	1,030	O	E	O	M	O	O	O	O	UO	O	O	UO	UO	15,60	16,10
ago/09	0,016	7,645	O	E	HE	E	O	M	M	O	M	M	O	M	M	1,70	1,70
nov/10	0,080	2,700	E	E	HE	E	E	O	M	E	O	M	SE	O	M	64,50	117,90
fev/11	0,140	1,200	E	E	O	E	E	O	E	HE	O	M	HE	UO	M	0,00	9,50
mai/11	0,060	1,100	M	E	O	E	E	O	M	E	O	M	E	UO	O	1,00	1,00
ago/11	0,010	6,400	UO	E	M	E	O	M	O	O	M	M	UO	M	O	0,20	0,50
out/11	0,020	0,100	O	E	UO	M	O	UO	O	M	UO	UO	O	UO	UO	35,00	83,50
fev/12	0,010	1,300	UO	E	O	E	O	O	O	O	O	O	UO	UO	UO	3,60	24,50
mai/12	0,780	0,200	HE	E	UO	M	HE	UO	E	HE	UO	M	HE	UO	M	0,50	19,70
ago/12	0,100	1,100	E	E	O	E	E	O	E	E	O	M	HE	UO	M	0,00	0,30
abr/13	0,007	6,300	UO	E	M	E	O	M	M	UO	M	O	UO	M	O	0,00	5,80
jul/13	0,001	10,600	UO	UO	E	O	UO	E	O	UO	M	UO	UO	E	UO	0,50	2,10
out/13	0,062	4,200	M	E	M	E	E	M	M	E	M	M	E	O	M	8,60	48,60
jan/14	0,004	5,461	UO	M	M	E	UO	M	M	UO	M	O	UO	M	UO	0,00	0,00
abr/14	0,004	14,000	UO	M	E	E	UO	E	M	UO	E	O	UO	E	O	6,20	14,70
jul/14	0,031	2,730	M	E	HE	E	M	O	M	M	O	M	M	O	O	4,60	4,60
Média Geral	0,071	5,249	E	E	M	E	E	M	M	E	M	M	O	O	O	-	-

Legenda: SMS - Curva de Probabilidade Salas e Martino (1991), IET(Pt)₁ - IET de fósforo total Carlson (1977), IET(Cla)₁ - IET de clorofila Carlson (1977), IETm₁ - IET médio de Carlson (1977), IET(Pt)₂ - IET de fósforo total Carlson modificado por Toledo (1984), IET(Cla)₂ - IET da clorofila Carlson modificado por Toledo (1984), IETm₂ - IET médio de Carlson modificado por Toledo (1984), IET(Pt)₃ - IET de fósforo total Lamparelli (2004), IET(Cla)₃ - IET da clorofila-a Lamparelli (2004), IETm₃ - IET médio de Lamparelli (2004), IET(Pt)₄ - IET de fósforo total Cunha et al. (2013), IET(Cla)₄ - IET da clorofila-a Cunha et al. (2013) e IETm₄ - IET médio de Cunha et al. (2013).

Tabela 80 - Resultados das classificações de estado trófico do reservatório de Rio Bonito a partir das médias dos valores de parâmetros observados nos pontos 2 e 7

Média dos pontos	PT (mg/)	Cla (µg/l)	SMS	IET (Pt) ₁	IET (Cla) ₁	IETm ₁	IET (Pt) ₂	IET (Cla) ₂	IETm ₂	IET (Pt) ₃	IET (Cla) ₃	IETm ₃	IET (Pt) ₄	IET (Cla) ₄	IETm ₄	Chuva (7d)	Chuva (15d)
out/08	0,023	1,09	O	E	O	E	O	O	O	M	O	O	M	UO	UO	4,90	35,70
dez/08	0,030	6,76	M	E	M	E	M	M	M	M	M	M	M	O	M	80,60	157,50
fev/09	0,008	4,27	UO	E	M	E	O	M	O	O	M	O	UO	O	UO	7,60	12,00
abr/09	0,019	13,30	O	E	E	E	O	E	M	M	E	M	O	E	M	27,10	98,20
jun/09	0,013	2,51	O	E	O	M	O	O	O	O	O	O	UO	UO	UO	15,60	16,10
ago/09	0,009	4,10	UO	E	M	E	O	M	O	O	M	O	UO	O	O	1,70	1,70
nov/10	0,075	7,65	E	E	HE	E	E	M	M	E	M	M	E	M	E	64,50	117,90
fev/11	0,090	2,45	E	E	O	E	E	O	M	E	O	M	E	UO	M	0,00	9,50
mai/11	0,050	1,20	M	E	O	HE	M	O	M	M	O	M	E	UO	O	1,00	1,00
ago/11	0,020	7,75	O	E	HE	E	O	M	M	M	M	M	O	M	M	0,20	0,50
out/11	0,015	0,19	O	E	UO	E	O	UO	O	O	UO	UO	O	UO	UO	35,00	83,50
fev/12	0,030	1,68	M	E	O	E	M	O	M	M	O	M	M	UO	O	3,60	24,50
mai/12	0,395(0,01)	0,26	HE(UO)	E(E)	UO	M(M)	HE(O)	UO	M(O)	HE(O)	UO	M(UO)	SE(UO)	UO	M(UO)	0,50	19,70
ago/12	0,100	1,100	E	E	O	E	E	O	E	E	O	M	HE	UO	M	0,00	0,30
abr/13	0,010	3,85	UO	E	M	E	O	M	O	O	M	O	UO	O	UO	0,00	5,80
jul/13	0,001	10,50	UO	UO	E	O	UO	E	O	M	M	M	UO	E	O	0,50	2,10
out/13	0,065	12,20	M	E	E	E	E	E	M	M	M	M	UO	E	M	8,60	48,60
jan/14	0,003	4,78	UO	M	M	E	UO	M	O	UO	M	O	UO	M	UO	0,00	0,00
abr/14	0,003	10,00	UO	M	E	E	UO	M	O	UO	M	O	UO	E	O	6,20	14,70
jul/14	0,020	1,77	O	E	O	M	O	O	O	M	O	M	M	UO	O	4,60	4,60
Média Geral	0,042	4,97	M	E (E)	M	E (E)	E (M)	M	M (M)	E (M)	M	M (M)	O (O)	O	O (O)	-	-

Legenda: SMS - Curva de Probabilidade Salas e Martino (1991), IET(Pt)₁ - IET de fósforo total Carlson (1977), IET(Cla)₁ - IET de clorofila Carlson (1977), IETm₁ - IET médio de Carlson (1977), IET(Pt)₂ - IET de fósforo total Carlson modificado por Toledo (1984), IET(Cla)₂ - IET da clorofila Carlson modificado por Toledo (1984), IETm₂ - IET médio de Carlson modificado por Toledo (1984), IET(Pt)₃ - IET de fósforo total Lamparelli (2004), IET(Cla)₃ - IET da clorofila-a Lamparelli (2004), IETm₃ - IET médio de Lamparelli (2004), IET(Pt)₄ - IET de fósforo total Cunha et al. (2013), IET(Cla)₄ - IET da clorofila-a Cunha et al. (2013) e IETm₄ - IET médio de Cunha et al. (2013).

Tabela 81 – Número e percentagem de campanhas correspondentes a diferentes classes de estado trófico para o reservatório de Rio Bonito, considerando valores de parâmetros observados no ponto 2, segundo os diferentes modelos

Class	SMS	IET(PT) ₁	IET(Cla) ₁	IETm ₁	IET(PT) ₂	IET(Cla) ₂	IETm ₂	IET(PT) ₃	IET(Cla) ₃	IETm ₃	IET(PT) ₄	IET(Cla) ₄	IETm ₄
UO	9 (47,4)	2 (10,5)	2 (10,5)	2 (10,5)	4 (21,1)	2 (10,5)	1 (5,3)	4 (21,1)	5 (26,3)	6 (31,6)	10 (52,6)	9 (47,4)	10 (52,6)
O	3 (15,8)	2 (10,5)	7 (36,8)	6 (31,6)	8 (42,1)	8 (42,1)	11 (57,9)	7 (36,8)	4 (21,1)	6 (31,6)	2 (10,5)	3 (15,8)	4 (21,1)
M	5 (26,3)	-	6 (31,6)	11 (57,9)	5 (26,3)	6 (31,6)	5 (26,3)	6 (31,6)	8 (42,1)	5 (26,3)	4 (21,1)	3 (15,8)	3 (15,8)
E	2 (10,5)	15 (79)	3 (15,8)	-	2 (10,5)	3 (15,8)	2 (10,5)	2 (10,5)	2 (10,5)	2 (10,5)	3 (15,8)	3 (15,8)	1 (5,25)
SE								-	-	-	-	1 (5,2)	1 (5,25)
HE	-	-	1 (5,3)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

() Percentagem de campanhas, em %

Tabela 82 - Número e percentagem de campanhas correspondentes a diferentes classes de estado trófico para o reservatório de Rio Bonito, considerando valores de parâmetros observados no ponto 7, segundo os diferentes modelos

Class	SMS	IET(PT) ₁	IET(Cla) ₁	IETm ₁	IET(PT) ₂	IET(Cla) ₂	IETm ₂	IET(PT) ₃	IET(Cla) ₃	IETm ₃	IET(PT) ₄	IET(Cla) ₄	IETm ₄
UO	7 (35)	1 (5)	2 (10)	-	3 (15)	2 (10)	-	5 (25)	3 (15)	2 (10)	7 (35)	8 (40)	7 (35)
O	5 (25)	-	6 (30)	1 (5)	8 (40)	9 (45)	7 (35)	4 (20)	7 (35)	7 (35)	4 (20)	4 (20)	5 (25)
M	4 (20)	2 (10)	5 (25)	3 (15)	3 (15)	5 (25)	9 (45)	5 (25)	7 (35)	11 (65)	3 (15)	4 (20)	7 (35)
E	3 (15)	17 (85)	3 (15)	15 (75)	5 (25)	4 (20)	4 (20)	4 (20)	3 (15)	-	2 (10)	3 (15)	1 (5)
SE								-	-	-	1 (5)	1 (5)	-
HE	1 (5)	-	4 (20)	1 (5)	1 (5)	-	-	2 (10)	-	-	3 (15)	-	-

() Percentagem de campanhas, em %

Tabela 83 - Número e percentagem de campanhas correspondentes a diferentes classes de estado trófico para o reservatório de Rio Bonito, considerando as médias dos valores de parâmetros observados nos pontos 2 e 7, segundo os diferentes modelos

Class	SMS	IET (PT) ₁	IET (Cla) ₁	IETm ₁	IET (PT) ₂	IET (Cla) ₂	IETm ₂	IET (PT) ₃	IET (Cla) ₃	IETm ₃	IET (PT) ₄	IET (Cla) ₄	IETm ₄
UO	6 (30); 7 (35)*	1 (5)	2 (10)	-	3 (15); 3 (15)*	2 (10)	-	2 (10); 2 (10)*	2 (10)	1 (5); 2 (10)*	8 (40); 9 (45)*	9 (45)	6 (30); 7 (35)*
O	6 (30); 6 (30)*	-	7 (35)	1 (5);	9 (45); 10 (50)*	7 (35)	10 (50); 11 (55)*	5 (25); 6 (30)*	7 (35)	7 (35); 7 (35)*	3 (15); 3 (15)*	4 (20)	6 (30); 6 (30)*
M	4 (20); 4 (20)*	2 (10)	5 (25)	3 (15);	3 (15); 3 (15)*	8 (40)	10 (50); 9 (45)*	9 (45); 9 (45)*	10 (50)	12 (60); 11 (55)*	4 (20); 4 (20)*	3 (15)	7 (35); 6 (30)*
E	3 (15); 3 (15)*	17 (85)	4 (20)	15 (75);	4 (20); 4 (20)*	3 (15)	-	3 (15); 3 (15)*	1 (5)	-	3 (15); 3 (15)*	4 (20)	1 (5); 1 (5)*
SE								-	-	-	1 (5); -*	-	-
HE	1 (5); -*	-	2 (10)	1 (5);	1 (5); -*	-	-	1 (5); -*	-	-	1 (5); 1 (5)*	-	-

() Percentagem de campanhas em %; *Número e percentagem de campanhas no qual o alto valor registrado de fósforo total da campanha de maio de 2012 no ponto 7 é desconsiderado

No ponto 2, os IETs (fósforo) e a curva de Salas e Martino (1991) indicaram condições eutróficas ou mesotróficas ao reservatório para as campanhas cujas concentrações de fósforo total apresentaram-se fora dos limites preconizados pela resolução CONAMA 357/05 (novembro de 2010, fevereiro de 2011, maio de 2011, fevereiro de 2012).

Para a campanha de dezembro de 2008, correspondente à maior precipitação pluviométrica registrada nos quinze dias anteriores às amostragens (157,50 mm), considerando os valores de fósforo total registrados nos pontos 2 e 7, o IET de Carlson (1977) classificou o reservatório como eutrófico. Os demais índices, classificaram o reservatório como mesotrófico ou oligotrófico nesta campanha.

Para a campanha de fevereiro de 2012, no ponto 2, na qual a concentração de fósforo total foi 0,05 mg/l, limite preconizado pela resolução CONAMA 357/05, para águas doces classe 2, os IETs (fósforo) propostos por Carlson (1977) e Cunha et al. (2013) indicaram condição eutrófica ao reservatório. Os demais IETs classificaram o estado trófico como mesotrófico.

Para doze das dezenove campanhas realizadas no ponto 2 (63,16 %), os IET médios (IETm) estimados pelos modelos propostos por Cunha et al. (2013) e Lamparelli (2004), indicaram estados tróficos similares. Quanto aos resultados de monitoramento no ponto 7, para onze de vinte campanhas os mesmos modelos indicaram classes similares (55 %).

O IET (Clorofila-a) de Cunha et al. (2013) indicou condição supereutrófica para a campanha de abril de 2009, no ponto 7, na qual foi registrada a maior concentração de clorofila-a, 21,45 µg/l. Para os índices de Toledo (1984) e Lamparelli (2004), o reservatório foi classificado como eutrófico nesta campanha.

Para as campanhas de novembro de 2010, maio de 2011, maio de 2012 e outubro de 2013, no ponto 7, nas quais apresentaram concentrações de fósforo fora dos limites estabelecidos pela resolução CONAMA 357/05, os IETs (fósforo) classificaram o reservatório como eutrófico, supereutrófico ou hipereutrófico. Ressalta-se a campanha de novembro de 2010 (elevada precipitação pluviométrica: 117,90 mm), em que o IET (fósforo) de Cunha et al. (2013) classificou o reservatório

como supereutrófico. Os demais IETs calculados enquadraram o reservatório na classe eutrófico.

Para a campanha realizada em janeiro de 2014, sem precipitações nos quinze dias anteriores à campanha, considerando os resultados para o ponto 7, o IET médio de Cunha e a curva de Salas e Martino classificaram o corpo d'água como ultraoligotrófico. Os demais modelos indicaram enquadramento nas classes eutrófico, mesotrófico ou oligotrófico nesta campanha.

Considerando as médias dos valores das médias das concentrações de fósforo nos dois pontos (2 e 7) em cada campanha, o IET de Cunha, na campanha de maio de 2012, na qual foi registrada a maior média de concentrações de fósforo, classificou o corpo d'água como supereutrófico. Os demais modelos indicaram condições hipereutrófica ou eutrófica nesta campanha.

A partir dos resultados de monitoramentos nos pontos 2 e 7, assim como a médias dos parâmetros considerados, o IET(fósforo) de Carlson (1977) se apresentou mais rigoroso, sendo que mais de 50% das campanhas os estados tróficos foram classificados como eutrófico ou hipereutrófico. Os demais modelos e índices (SMS, IET-PT₂, IET-Cl₂, IETm₂, IET-PT₃, IET-Cl₃, IETm₃, IET-PT₄, IET-Cl₄ e IETm₄) se apresentaram os menos rigorosos, com mais de 50 % dos valores indicando as classes ultraoligotróficas, oligotróficas e mesotróficas.

Análises estatísticas

Os cálculos de coeficiente de *Pearson* foram realizados relacionando o modelo Cunha com os demais modelos (Carlson, Toledo e Lamparelli), a partir de resultados mensais e anuais dos IETm's nos pontos 2 e 7 assim como da média dos parâmetros. Os resultados são apresentados na Tabela 84.

Tabela 84 - Coeficiente de correlação de Pearson IETm de Cunha (2012) com outros IETm's para dados mensais e anuais nos pontos 2 e 7 e a média dos parâmetros observados nos dois pontos no reservatório de Rio Bonito (continua)

	Ponto 2	IETm Carlson (1977)	IETm Toledo (1984)	IETm Lamparelli (2004)
	Mensal	0,785	0,896	0,999
	Anual	0,898	0,930	0,940
	Ponto 7			
	Mensal	0,545	0,810	0,995

Tabela 84 - Coeficiente de correlação de Pearson IETm de Cunha (2012) com outros IETm's para dados mensais e anuais nos pontos 2 e 7 e a média dos parâmetros observados nos dois pontos no reservatório de Rio Bonito (conclusão)

Ponto 2	IETm Carlson (1977)	IETm Toledo (1984)	IETm Lamparelli (2004)
Anual	-0,602	0,801	0,856
Média dos parâmetros			
Mensal	0,207	0,582	0,867
Anual	0,759	0,784	0,894

Os maiores resultados de coeficiente de Pearson calculados a partir dos valores registrados nos pontos 2 e 7 e das médias dos valores dos parâmetros observados nos dois pontos, por campanha e anual, apresentaram-se para a relação entre o IET médio de Cunha e o de Lamparelli, significando uma melhor correlação entre os resultados correspondentes a esses. Os menores valores de coeficiente de *Pearson* foram na relação entre Cunha e Carlson.

A Tabela 85 apresenta os resultados de cálculos de diferenças percentuais relativas aos valores de IETs de Cunha, considerando os calculados com os dos outros IETs (Carlson, Toledo e Lamparelli), a partir de valores de parâmetros registrados nos pontos 2 e 7 e suas médias.

Tabela 85 - Diferença percentual entre os resultados do IET médio de Cunha (2012) e os IETs de Carlson (1997), Toledo (1984) e Lamparelli (2004) no reservatório de Rio Bonito (continua)

Mês/Ano	Ponto 2			Ponto 7			Média dos parâmetros		
	IETm1	IETm2	IETm3	IETm1	IETm2	IETm3	IETm1	IETm2	IETm3
out/08	3,09	14,53	1,17	0,91	-14,15	-0,55	2,00	-14,26	-0,79
dez/08	2,98	11,28	0,68	9,89	-2,74	2,54	10,76	-2,50	4,06
fev/09	4,32	17,96	0,91	2,42	-21,36	-1,72	3,48	-19,54	-1,23
abr/09	11,16	6,46	0,47	3,10	-11,94	2,44	6,85	-9,40	2,59
jun/09	4,16	25,81	0,90	-1,58	-20,96	-1,69	-2,81	-23,04	-0,93
ago/09	31,55	44,50	9,54	3,99	-13,81	0,82	2,75	-19,88	-1,29
nov/10	0,63	5,10	3,99	-2,10	-7,19	2,63	-0,01	-5,33	3,65
fev/11	0,84	10,02	1,71	3,54	3,07	2,76	0,86	-3,26	2,78
mai/11	4,70	16,10	0,49	-1,44	-9,34	1,08	-3,34	-12,83	0,92
ago/11	0,49	13,26	2,19	0,31	-20,92	-0,31	0,57	-15,60	1,85
out/11	11,25	13,09	4,70	7,24	-12,27	-4,56	3,14	-17,07	-9,98
fev/12	2,23	7,00	1,46	6,32	-16,38	-2,39	5,29	-8,63	1,46
mai/12	2,30	21,85	4,44	-11,80	2,40	3,91	-7,93	0,57	3,95
ago/12	-	-	-	8,15	4,73	2,05	8,15	4,73	2,05
abr/13	3,13	18,21	1,89	10,35	-12,97	-1,05	14,20	-9,19	5,14
jul/13	27,90	38,99	4,60	-24,98	-36,06	-4,58	-32,37	-42,57	8,08

Tabela 85 - Diferença percentual entre os resultados do IET médio de Cunha (2012) e os IETs de Carlson (1997), Toledo (1984) e Lamparelli (2004) no reservatório de Rio Bonito (conclusão)

Mês/Ano	Ponto 2			Ponto 7			Média dos parâmetros		
	IETm1	IETm2	IETm3	IETm1	IETm2	IETm3	IETm1	IETm2	IETm3
out/13	0,70	6,64	4,31	-1,04	-8,15	2,65	7,16	0,27	7,58
jan/14	5,75	29,43	4,38	13,37	-12,00	-2,42	3,96	-21,57	-2,97
abr/14	4,53	27,82	3,82	12,91	-11,50	-1,17	2,76	-21,40	-0,25
jul/14	14,72	39,38	3,57	1,79	-11,38	0,88	-9,17	-26,23	0,60

IETm1: IET de Carlson (1977); IETm2: IET de Toledo (1984); IETm3: IET de Lamparelli (2004)

Segundo os valores de parâmetros registrados nos pontos 2 e 7 e das médias dos parâmetros nos dois pontos em cada campanha, as diferenças percentuais entre os valores de IET médios de Cunha e Lamparelli apresentaram-se inferiores aos calculados considerando os demais IETs (quatorze, 73,7 %, quinze, 75 %, e treze, 65 %, campanhas, respectivamente).

5.4.2. Reservatório da UHE Suíça

Índice de Estado Trófico CARLSON (1977)

A partir de dados de fósforo total, clorofila-a e transparência da água, o Índice de Estado Trófico de Carlson foi calculado. A Tabela 86 apresenta os resultados das classificações tróficas do reservatório Suíça no ponto 2.

Tabela 86 - Classificação do estado trófico do reservatório Suíça de acordo com o IET de Carlson (1977) (continua)

Ponto 2	IET-PT	Class	IET-Cla	Class	IET-DS	Class	IETm	Class
out-08	56,96	E	33,62	O	65,15	HE	51,91	E
dez-08	58,31	E	-37,20	UO	77,37	HE	32,83	O
fev-09	58,49	E	24,63	O	70,00	HE	51,04	E
abr-09	58,25	E	25,66	O	77,37	HE	53,76	E
jun-09	54,83	E	35,41	O	70,00	HE	53,41	E
ago-09	4,15	UO	-14,61	UO	60,00	E	16,51	UO
nov-10	58,60	E	25,56	O	58,62	E	47,60	M
fev-11	54,42	E	33,87	O	60,00	E	49,43	M
mai-11	58,60	E	40,67	HE	61,52	HE	53,60	E
ago-11	54,42	E	46,16	M	54,15	E	51,58	E
out-11	54,42	E	10,55	UO	83,22	HE	49,40	M
fev-12	58,14	E	7,98	UO	70,00	HE	45,37	M

Tabela 86 - Classificação do estado trófico do reservatório Suíça de acordo com o IET de Carlson (1977) (conclusão)

Ponto 2	IET-PT	Class	IET-Cla	Class	IET-DS	Class	IETm	Class
mai-12	57,21	E	7,98	UO	67,37	HE	44,19	M
ago-12	58,86	E	31,05	O	77,37	HE	55,76	E
abr-13	56,51	E	24,63	O	67,37	HE	49,50	M
jul-13	4,15	UO	28,50	O	67,37	HE	33,34	O
out-13	4,15	UO	31,43	O	61,52	HE	32,37	O
jan-14	58,53	E	42,21	M	73,22	HE	57,99	E
abr-14	56,90	E	-37,20	UO	65,15	HE	28,28	O
jul-14	4,15	UO	24,52	O	65,15	HE	31,27	O

A Tabela 87 apresenta números e percentagens de campanhas, para as quais o estado trófico foi classificado como ultraoligotrófico, oligotrófico, mesotrófico, eutrófico e hipereutrófico, segundo IET de Carlson (1977), no reservatório Suíça

Tabela 87 - Número e percentagem de campanhas resultando em diferentes classes do estado trófico no ponto 2, situado no interior do reservatório Suíça, segundo IET de Carlson (1977)

Classificação	IET-PT	IET-Cla	IET-DS	IETm
Ultraoligotrófico	4 (20 %)	6 (30 %)	-	1 (5 %)
Oligotrófico	-	11 (55 %)	-	5 (25 %)
Mesotrófico	-	2 (10 %)	-	6 (30 %)
Eutrófico	16 (80 %)	-	4 (20 %)	8 (40 %)
Hipereutrófico	-	1 (5 %)	16 (80 %)	-

Considerando os valores das concentrações de fósforo total registrados no ponto 2, o IET de Carlson (1977) indicou condições ultraoligotróficas para quatro das vinte campanhas realizadas (agosto de 2009, julho de 2013, outubro de 2013 e julho de 2014), sendo estas correspondentes ao semestre geralmente de estiagem (abril a setembro), exceto outubro de 2013. Para as demais campanhas, 80 %, os estados tróficos foram enquadrados na classe eutrófica.

Quando considerados os resultados do monitoramento de clorofila-a no ponto 2, para a campanha de maio de 2011, o estado trófico foi classificado como hipereutrófico. Para as demais campanhas, os estados foram enquadrados nas classes ultraoligotrófico (30 %), oligotrófico (11 %) ou mesotrófico (10 %). De acordo com os valores de transparência, para dezesseis das vinte campanhas (80 %), o reservatório da UHE Suíça foi classificado como hipereutrófico.

Os valores de IET médio (IETm) de Carlson (1977) indicaram que 70 % das campanhas realizadas no reservatório Suíça apresentaram condições eutróficas ou mesotróficas.

A Tabela 88 apresenta a classificação do estado trófico do reservatório Suíça pelo IET de Carlson (1977), considerando a médias anuais e média geral dos valores dos parâmetros considerados.

Tabela 88 - Classificação do estado trófico do reservatório Suíça de acordo com o IET de Carlson (1977), considerando médias anuais e média geral dos valores dos parâmetros observados

Ano	IET-PT	Class	IET-Cla	Class	IET-DS	Class	IETm	Class
2008	57,8	E	26,8	O	70,0	HE	51,55	E
2009	57,2	E	27,1	O	68,0	HE	50,76	HE
2010	58,6	E	25,6	O	58,6	E	47,60	M
2011	56,8	E	38,8	O	61,5	HE	52,37	E
2012	58,3	E	22,0	O	71,0	HE	50,43	HE
2013	50,7	HE	28,6	O	65,1	HE	48,14	M
2014	57,1	E	32,9	O	67,4	HE	52,45	E
Média geral	57,3	E	31,3	O	65,9	HE	51,50	E

A partir das médias anuais das concentrações de fósforo total, o IET de Carlson (1977) indicou condições eutróficas para seis dos sete anos (85,7 %). Considerando os valores de clorofila-a, o reservatório Suíça foi classificado como oligotrófico para todos os anos. Relativamente à transparência, somente para o ano de 2010 o estado trófico foi enquadrado na classe eutrófico.

Considerando valores das médias anuais dos parâmetros observados, o IET médio (IETm) de Carlson (1977) indicou condições eutróficas para três dos sete anos (2008, 2011 e 2014). Aos demais anos, o reservatório foi classificado como hipereutrófico ou mesotrófico.

O IET de Carlson, calculado a partir das médias gerais dos valores de parâmetros registrados em todas as campanhas, classificou o estado trófico do reservatório Suíça como eutrófico.

OECD (1982)

A Tabela 89 mostra as classificações do estado trófico no reservatório Suíça, segundo a OECD (1982 *apud* LAMPARELLI, 2004), considerando as concentrações de fósforo total, clorofila-a e transparência.

Tabela 89 – Classificações de estado trófico do reservatório Suíça, segundo OECD (1982 *apud* LAMPARELLI, 2004)

Mês/Ano	Fósforo total (µg/L)	Class	Clorofila (µg/L)	Class	Transparência (m)	Class
out-08	18,4	M	1,365	O	0,7	HE
dez-08	33	M	0,001	UO	0,3	HE
fev-09	37	E	0,546	UO	0,5	HE
abr-09	32	M	0,606	UO	0,3	HE
jun-09	10,8	M	1,638	O	0,5	HE
ago-09	1	UO	0,010	UO	1,0	HE
nov-10	40	E	0,600	UO	1,1	HE
fev-11	10	O	1,400	O	1,0	HE
mai-11	40	E	2,800	M	0,9	HE
ago-11	10	O	4,900	M	1,5	HE
out-11	10	O	0,130	UO	0,2	HE
fev-12	30	M	0,100	UO	0,5	HE
mai-12	20	M	0,100	UO	0,6	HE
ago-12	49	E	1,050	O	0,3	HE
abr-13	16	M	0,546	UO	0,6	HE
jul-13	1	UO	0,810	UO	0,6	HE
out-13	1	UO	1,092	O	0,9	HE
jan-14	38	E	3,276	M	0,4	HE
abr-14	18	M	0,001	UO	0,7	HE
jul-14	1	UO	0,540	UO	0,7	HE

A Tabela 90 apresenta números e percentagens de campanhas realizadas no ponto 2, para as quais os estados tróficos foram classificados como ultraoligotrófico, oligotrófico, mesotrófico, eutrófico e hipereutrófico segundo modelo OECD (1982), considerando os resultados dos monitoramentos no ponto 2.

Tabela 90 - Número e percentagem de campanhas, para as quais o estado trófico foi classificado segundo OECD (1982) no ponto 2, situado no interior do reservatório Suíça

Classificação	Fósforo total	Clorofila-a	Transparência
Ultraoligotrófico	4 (20 %)	12 (60 %)	-
Oligotrófico	3 (15 %)	5 (25 %)	-
Mesotrófico	8 (40 %)	3 (15 %)	-
Eutrófico	5 (25 %)	-	-
Hipereutrófico	-	-	20 (100 %)

Para a campanha de novembro de 2010, considerando o valor de fósforo registrado no ponto 2, de acordo com o modelo OECD, o reservatório foi classificado como eutrófico. Cabe observar que ocorreram altas precipitações pluviométricas nos quinze dias anteriores a esta campanha (319,70 mm).

Quando considerados os resultados do monitoramento de fósforo total no ponto 2, para treze das vinte campanhas, 65 %, o reservatório foi classificado como mesotrófico ou eutrófico. De acordo com os valores de clorofila-a, para doze das vinte campanhas, 60 %, os estados tróficos foram enquadrados na classe ultraoligotrófico. Em relação a transparência, o reservatório foi classificado como hipereutrófico em todas as campanhas.

A Tabela 91 apresenta a classificação do estado trófico do reservatório Suíça pelo modelo OECD (1982), considerando médias anuais e média geral dos valores dos parâmetros considerados.

Tabela 91 - Classificação do estado trófico do reservatório Suíça pelo modelo OECD (1982), considerando médias anuais e média geral dos valores dos parâmetros observados

Ano	Fósforo total (µg/L)	Class	Clorofila (µg/L)	Class	Transparência (m)	Class
2008	25,7	M	0,683	UO	0,5	HE
2009	20,2	M	0,700	UO	0,6	HE
2010	40	E	0,600	UO	1,1	HE
2011	17,5	M	2,308	O	0,9	HE
2012	33	M	0,417	UO	0,5	HE
2013	6	O	0,816	UO	0,7	HE
2014	19	M	1,272	O	0,6	HE
Média Geral	20,8	M	1,076	O	0,7	HE

A partir das médias anuais de concentrações de fósforo total, o reservatório foi classificado como mesotrófico para cinco dos sete anos (71,4 %). Considerando os valores de clorofila-a, o corpo d'água foi classificado como ultraoligotrófico para cinco anos, 71,4 %. Relativamente à transparência, o reservatório foi classificado como hipereutrófico para todos os anos.

De acordo com as médias gerais dos valores de fósforo total, clorofila-a e transparência, o reservatório foi classificado como mesotrófico, oligotrófico e hipereutrófico, respectivamente.

IET de Carlson modificado por Toledo (1984)

Valores do Índice de Estado Trófico desenvolvido por Toledo (1984) foram estimados considerando fósforo total, clorofila-a e transparência da água. A Tabela 92 mostra os resultados da classificação trófica, a partir dos resultados de monitoramento realizados no ponto 2, situado no interior do reservatório Suíça.

Tabela 92 - Classificação do estado trófico do reservatório Suíça de acordo com o IET desenvolvido por Toledo (1984), considerando os monitoramentos realizados no ponto 2

Ponto 2	IET-PT	Class	IET-Cla	Class	IET-DS	Class	IETm	Class
out-08	38,74	O	33,69	O	55,91	E	42,78	O
dez-08	47,17	M	-38,69	UO	68,14	E	25,54	O
fev-09	48,82	M	24,50	O	60,77	E	44,70	M
abr-09	46,72	M	25,55	O	68,14	E	46,80	M
jun-09	31,05	O	35,52	O	60,77	E	42,45	O
ago-09	-3,28	UO	-15,61	UO	50,77	M	10,63	UO
nov-10	49,94	M	25,45	O	49,39	M	41,59	O
fev-11	29,94	O	33,94	O	50,77	M	38,22	O
mai-11	49,94	M	40,89	O	52,29	M	47,71	M
ago-11	29,94	O	46,50	M	44,92	M	40,45	O
out-11	29,94	O	10,11	UO	73,99	E	38,01	O
fev-12	45,79	M	7,48	UO	60,77	E	38,01	O
mai-12	39,94	O	7,48	UO	58,14	E	35,19	O
ago-12	52,87	M	31,06	O	68,14	E	50,69	M
abr-13	36,72	O	24,50	O	58,14	E	39,79	O
jul-13	-3,28	UO	28,46	O	58,14	E	27,77	O
out-13	-3,28	UO	31,45	O	52,29	M	26,82	O
jan-14	49,20	M	42,47	O	63,99	E	51,89	M
abr-14	38,42	O	-38,69	UO	55,91	E	18,55	UO
jul-14	-3,28	UO	24,39	O	55,91	E	25,68	O

A Tabela 93 apresenta números e percentagens de campanhas para as quais o estado trófico foi classificado como ultraoligotrófico, oligotrófico, mesotrófico, eutrófico e hipereutrófico, segundo o IET de Carlson modificado por Toledo (1984), a partir dos resultados de monitoramentos no ponto 2.

Tabela 93 - Número e percentagem de campanhas correspondentes a diferentes classes de estado trófico segundo IET de Carlson modificado por Toledo (1984), considerando resultados de monitoramentos no ponto 2, situado no reservatório Suíça

Classificação	IET-PT	IET-Cla	IET-DS	IETm
Ultraoligotrófico	4 (20 %)	6 (30 %)	-	2 (10 %)
Oligotrófico	8 (40 %)	13 (65 %)	-	13 (65 %)
Mesotrófico	8 (40 %)	1 (5 %)	6 (30 %)	5 (25 %)
Eutrófico	-	-	14 (70 %)	-
Hipereutrófico	-	-	-	-

A partir dos valores das concentrações de fósforo total registrados no ponto 2, o IET de Toledo (1984) indicou condições ultraoligotróficas para quatro das vinte campanhas, 20 %, nas quais três destas correspondem ao período geralmente de estiagem (abril a setembro). Para as demais campanhas, 80 %, o reservatório foi classificado como oligotrófico ou mesotrófico. Considerando os valores de clorofila-a, para treze das vinte campanhas (65 %) os estados tróficos foram classificados como oligotróficos. Relativamente à transparência, para quatorze campanhas, 70 %, os estados foram enquadrados na classe oligotrófico.

De acordo com o IET médio (IETm) de Toledo (1984), para treze das vinte campanhas, 65 %, os estados tróficos foram classificados como oligotróficos. Cabe observar que as campanhas realizadas em agosto de 2009 e abril de 2014, correspondentes ao período geralmente de estiagem, o reservatório da UHE Suíça foi classificado como ultraoligotrófico.

A Tabela 94 apresenta a classificação do estado trófico no reservatório Suíça de acordo com o IETm de Carlson modificado por Toledo (1984), considerando as médias anuais e médias gerais dos parâmetros considerados.

Tabela 94 - Classificação segundo IET Toledo para as médias anuais e geral do reservatório Suíça

Ano	IET-PT	Class	IET-Cla	Class	IET-DS	Class	IETm	Class
2008	43,6	O	26,7	O	60,8	E	43,69	O
2009	40,1	O	27,0	O	58,8	E	41,94	O
2010	49,9	M	25,4	O	49,4	M	41,59	O
2011	38,0	O	39,0	O	52,3	M	43,09	O
2012	47,2	M	21,8	UO	61,8	E	43,57	O
2013	22,6	UO	28,5	O	55,9	E	35,67	O
2014	39,2	O	33,0	O	58,1	E	43,44	O
Média Geral	40,5	O	31,3	O	56,7	E	42,82	O

Considerando valores das médias anuais dos parâmetros, entre 2008 e 2014, o estado trófico foi classificado como oligotrófico para todos os anos, pelo IET médio de Toledo (1984). A partir das médias gerais dos valores de parâmetros registrados em todas as campanhas, o IET de Toledo indicou condições oligotróficas ao reservatório.

Salas e Martino (1991)

A partir de registros de vazões médias mensais e concentração de fósforo total (mg/l) no ponto 1, situado a montante do reservatório da Usina Hidrelétrica Suíça, assim como da área superficial média do reservatório (0,6 km²) e volume total do reservatório (1.300.000 m³), foram calculados tempo de detenção hidráulica, profundidades médias e cargas de fósforo total afluente ao reservatório, para aplicação do modelo simplificado proposto por Salas e Martino (1991).

Na Tabela 95 são apresentados tempos de detenção calculados considerando vazões médias do Rio Santa Maria da Vitória (ponto 1) a montante do reservatório Suíça.

Tabela 95 - Tempo de detenção (anos) UHE Suíça

Ponto 1	Vazão média (m ³ /s)	Vazão média (m ³ /ano)x10 ⁶	Tempo de Detenção (anos)	Tempo de Detenção (meses)
out-08	6,11	193	0,007	0,08
dez-08	29,85	941	0,001	0,02
fev-09	19,99	630	0,002	0,02
abr-09	21,21	669	0,002	0,02
jun-09	15,01	473	0,003	0,03
ago-09	5,07	160	0,008	0,10
nov-10	22,00	694	0,002	0,02
fev-11	11,86	374	0,003	0,04
mai-11	13,97	441	0,003	0,04
ago-11	5,85	185	0,007	0,08
out-11	8,12	256	0,005	0,06
fev-12	18,60	587	0,002	0,03
mai-12	8,83	278	0,005	0,06
ago-12	22,90	722	0,002	0,02
abr-13	17,50	552	0,002	0,03
jul-13	8,25	260	0,005	0,06
out-13	6,78	214	0,006	0,07

jan-14	25,94	818	0,002	0,02
abr-14	14,60	460	0,003	0,03
jul-14	8,56	270	0,005	0,06

A Tabela 96 mostra os tempos de detenção calculados considerando as médias anuais e geral de vazões médias no ponto 1, a montante do reservatório Suíça.

Tabela 96 - Tempo de detenção na UHE Suíça considerando médias anuais e geral

Ano	Vazão média (m ³ /s)	Vazão média (m ³ /ano)x10 ⁶	Tempo de Detenção (anos)	Tempo de Detenção (mês)
2008	17,98	567	0,002	0,03
2009	15,32	483	0,003	0,03
2010	22,00	694	0,002	0,02
2011	9,95	314	0,004	0,05
2012	16,78	529	0,002	0,03
2013	10,84	342	0,004	0,05
2014	16,37	516	0,003	0,03
Média Geral	15,60	492	0,003	0,03

A Tabela 97 apresenta as cargas de fósforo total calculados a partir das vazões e das concentrações de fósforo total, além da classificação de estado trófico, para cada campanha no ponto 1.

Tabela 97 - Cargas de fósforo total estimadas a partir do monitoramento no Ponto 1 e classificação de estado trófico de acordo com o modelo de Salas e Martino (1991) para o reservatório da UHE Suíça

Ponto 1	Fósforo Total (mg/l)	Vazão média (m ³ /s)	Fósforo Total (mg/m ² ano)	L(P) (g/m ² ano)	P(mg/l)	Classificação
out-08	0,022	6,11	6932,71	6,93	0,019	Oligotrófico
dez-08	0,029	29,85	45494,43	45,49	0,027	Oligotrófico
fev-09	0,034	19,99	35724,89	35,73	0,031	Mesotrófico
abr-09	0,032	21,21	35670,49	35,67	0,029	Oligotrófico
jun-09	0,014	15,01	11041,65	11,04	0,013	Oligotrófico
ago-09	0,001	5,07	266,57	0,27	0,001	Oligotrófico
nov-10	0,100	21,99	115625,48	115,62	0,092	Eutrófico
fev-11	0,100	11,86	62335,74	62,34	0,089	Eutrófico
mai-11	0,010	13,97	7342,36	7,34	0,009	Oligotrófico
ago-11	0,010	5,85	3075,69	3,08	0,009	Oligotrófico
out-11	0,010	8,12	4269,66	4,27	0,009	Oligotrófico
fev-12	0,020	18,59	19550,30	19,55	0,018	Oligotrófico
mai-12	0,050	8,83	23201,63	23,20	0,044	Mesotrófico
ago-12	0,074	22,90	89077,13	89,08	0,068	Mesotrófico
abr-13	0,016	17,49	14714,58	14,71	0,015	Oligotrófico
jul-13	0,001	8,25	433,53	0,43	0,001	Oligotrófico
out-13	0,002	6,77	712,21	0,71	0,002	Oligotrófico

jan-14	0,008	25,94	10906,39	10,91	0,007	Oligotrófico
abr-14	0,018	14,60	13813,95	13,81	0,0163	Oligotrófico
jul-14	0,001	8,56	449,69	0,45	0,0009	Oligotrófico

Número e percentagens de campanhas para quais o estado trófico foi classificado como oligotrófico, mesotrófico e eutrófico segundo Salas e Martino (1991) no reservatório Suíça são apresentados na Tabela 98.

Tabela 98 - Número e percentagem de campanhas para quais o estado trófico foi classificado como oligotrófico, mesotrófico e eutrófico no reservatório Suíça, segundo Salas e Martino (1991)

Classificação	Fósforo total
Oligotrófico	15 (75 %)
Mesotrófico	3 (15 %)
Eutrófico	2 (10 %)

Para as campanhas de novembro de 2010 e fevereiro de 2011, correspondentes ao semestre geralmente mais chuvoso (outubro a março), os estados tróficos foram classificados como eutróficos. Para as demais campanhas, o reservatório foi classificado como oligotrófico (75 %) ou mesotrófico (15 %).

A Tabela 99 apresenta as cargas de fósforo total calculadas a partir das médias anuais e gerais das vazões e concentrações de fósforo total no ponto 1, além das classificações de estado trófico.

Tabela 99 - Cargas de fósforo anuais e gerais estimadas a partir do monitoramento no ponto 1 e classificação de estado trófico de acordo com o modelo de Salas e Martino (1991) para o reservatório Suíça

Ano	Fósforo total (mg/l)	Vazão média (m ³ /s)	Fósforo Total (mg/m ² ano)	L(P) (g/m ² ano)	P(mg/l)	Classificação
2008	0,025	17,98	23905,11	23,91	0,023	Oligotrófico
2009	0,020	15,32	16304,76	16,30	0,018	Oligotrófico
2010	0,100	22,00	115625,48	115,63	0,092	Eutrófico
2011	0,033	9,95	16998,55	17,00	0,029	Oligotrófico
2012	0,048	16,78	42324,68	42,32	0,044	Mesotrófico
2013	0,006	10,84	3608,53	3,61	0,006	Oligotrófico
2014	0,009	16,37	7741,32	7,74	0,008	Oligotrófico
Média Geral	0,034	15,60	28281,28	28,28	0,031	Mesotrófico

A partir das médias anuais de concentração de fósforo total e vazão, para o ano de 2010, o modelo de Salas e Martino (1991) indicou condição eutrófica ao reservatório

Suíça e para o ano de 2012, mesotrófica. Aos demais anos, os estados tróficos foram classificados como oligotróficos.

De acordo com as médias gerais dos parâmetros observados, o reservatório foi classificado como mesotrófico.

Classificação de acordo com a distribuição de probabilidades de níveis tróficos

Com a utilização das curvas de distribuição probabilísticas de Salas e Martino (1991) foram obtidas as probabilidades de ocorrência de diferentes níveis trófico no reservatório da UHE Suíça que são mostradas na Tabela 100. Gráficos correlatados são apresentados em meio digital.

Tabela 100 - Distribuição de probabilidade do estado trófico no ponto 2, situado no interior do reservatório Suíça

Mês/Ano	Fósforo Total (mg/m ³)	Probabilidade (%)				
		HE	E	M	O	UO
out-08	18,40			12	72	16
dez-08	33,00		2	58	39	1
fev-09	37,00		4	66	29	1
abr-09	32,00	1	2	56	41	
jun-09	10,80			1	44	55
ago-09	1,00					100
nov-10	40,00		7	70	23	
fev-11	10,00			1	33	66
mai-11	40,00		7	70	23	
ago-11	10,00			1	33	66
out-11	10,00			1	33	66
fev-12	30,00		2	56	41	1
mai-12	20,00			17	71	12
ago-12	49,00	1	17	70	12	
abr-13	16,00			6	68	26
jul-13	1,00					100
out-13	1,00					100
jan-14	38,00		5	68	26	1
abr-14	18,00			17	71	12
jul-14	1,00					100

Para a campanha de abril de 2013, em que ocorreram baixas precipitações pluviométricas nos 15 dias anteriores a amostragem (0,70 mm), o reservatório foi classificado como oligotrófico, segundo a curva probabilística de Salas e Martino (1991).

A Tabela 101 apresenta números e percentagens de campanhas para quais os estados tróficos foram classificados como ultraoligotrófico, oligotrófico, mesotrófico, eutrófico e hipereutrófico segundo a curva de distribuição probabilística de Salas e Martino (1991), considerando os resultados de monitoramento no ponto 2.

Tabela 101 - Número e percentagem de campanhas, para as quais o estado trófico foi classificado segundo curva de distribuição probabilística de Salas e Martino (1991) no ponto 2, situado no reservatório Suíça

Classificação	Curva probabilística
Ultraoligotrófico	8 (40 %)
Oligotrófico	4 (20 %)
Mesotrófico	8 (40 %)
Eutrófico	-
Hipereutrófico	-

Para oito das vinte campanhas realizadas (40 %), o reservatório Suíça foi classificado como mesotrófico, nas quais cinco destas (62,5 %) ocorreram no semestre geralmente mais chuvoso (outubro a março). Para as demais campanhas, os estados foram enquadrados na classe ultraoligotrófico (40 %) ou oligotrófico (20 %).

A Tabela 102 apresenta a classificação do estado trófico do reservatório Suíça segundo a curva probabilística de Salas e Martino (1991), considerando as médias anuais e gerais dos parâmetros considerados.

Tabela 102 - Classificação do estado trófico do reservatório Suíça pela curva probabilística de Salas e Martino, considerando médias anuais e geral dos valores dos parâmetros observados

Ano	Fósforo total (mg/m ³)	HE	Probabilidade (%)			
			E	M	O	UO
2008	25,70		1	37	57	5
2009	20,20			18	70	12
2010	40,00		8	70	22	
2011	17,50			10	72	18
2012	33,00		2	58	39	1

2013	6,00		7	93
2014	19,00	15	72	13
Média Geral	23,06	28	65	7

Considerando as médias anuais dos valores de concentração de fósforo registrados no ponto 2, o reservatório foi classificado como oligotrófico para quatro dos sete anos (2008, 2009, 2011 e 2014), mesotrófico para dois anos (2010 e 2012) e ultraoligotrófico somente para o ano de 2013.

De acordo com as médias gerais dos valores de fósforo registrados no ponto 2, a curva probabilística de Salas e Martino (1991) indicou condições oligotróficas ao reservatório Suíça.

IET modificado por Lamparelli (2004)

A Tabela 103 apresenta os resultados de classificação trófica, segundo IET de Lamparelli (2004), a partir dos resultados dos monitoramentos no ponto 2, situado no interior do reservatório Suíça.

Tabela 103 - Classificação do estado trófico do reservatório Suíça de acordo com o IET de Lamparelli (2004), considerando os monitoramentos realizados no ponto 2

Ponto 2	IET-PT	Class	IET-Cla	Class	IETm	Class
out-08	52,1	M	48,2	O	50,2	O
dez-08	55,6	M	12,8	UO	34,2	UO
fev-09	56,3	M	43,8	UO	50,1	O
abr-09	55,5	M	44,3	UO	49,8	O
jun-09	48,9	O	49,1	O	49,1	O
ago-09	34,5	UO	24,1	UO	29,3	UO
nov-10	56,8	M	44,2	UO	50,5	O
fev-11	48,4	O	48,4	O	48,4	O
mai-11	56,8	M	51,8	O	54,3	M
ago-11	48,4	O	54,5	M	51,5	O
out-11	48,4	O	36,7	UO	42,6	UO
fev-12	55,1	M	35,4	UO	45,2	UO
mai-12	52,6	M	35,4	UO	44,0	UO
ago-12	58,1	M	46,9	UO	52,5	M
abr-13	51,3	O	43,8	UO	47,5	O
jul-13	34,5	UO	45,7	UO	40,1	UO
out-13	34,5	UO	47,2	O	40,8	UO

jan-14	56,5	M	52,5	M	54,5	M
abr-14	51,9	O	12,8	UO	32,4	UO
jul-14	34,5	UO	43,7	UO	39,1	UO

A Tabela 104 apresenta números e percentagens de campanhas para quais o estado trófico foi classificado como ultraoligotrófico, oligotrófico, mesotrófico, eutrófico, supereutrófico e hipereutrófico no reservatório Suíça, segundo IET de Lamparelli (2004), a partir dos resultados de monitoramentos no ponto 2.

Tabela 104 - Número e percentagem de campanhas correspondentes a diferentes classes de estado trófico segundo IET de Lamparelli (2004), considerando resultados de monitoramentos no ponto 2 do reservatório Suíça

Classificação	IET-PT	IET-Cla	IETm
Ultraoligotrófico	4 (20 %)	13 (65 %)	9 (45 %)
Oligotrófico	6 (30 %)	5 (25 %)	8 (40 %)
Mesotrófico	10 (50 %)	2 (10 %)	3 (15 %)
Eutrófico	-	-	-
Supereutrófico	-	-	-
Hipereutrófico	-	-	-

Após o cálculo do IET de fósforo total proposto por Lamparelli (2004), o reservatório foi classificado como mesotrófico para dez das vinte campanhas (50 %). Em relação ao IET de clorofila-a, para treze campanhas (65 %) os estados tróficos foram enquadrados na classe ultraoligotrófico, nos quais sete destes (53,8 %) ocorreram em semestre geralmente mais chuvoso (outubro a março).

Como dito anteriormente, segundo a CETESB (2009), um corpo hídrico, em que o processo de eutrofização esteja limitado por fatores ambientais, o índice de Lamparelli (2004) relativo à clorofila-a irá classificar o estado trófico em um nível inferior àquele determinado pelo índice do fósforo. Dessa forma, no reservatório Suíça o índice de Lamparelli (2004) em relação a clorofila-a apresentou-se um nível inferior ao de fósforo em treze das vinte campanhas realizadas (65 %).

A Tabela 105 apresenta a classificação do estado trófico no reservatório Suíça segundo IET de Lamparelli (2004), considerando as médias anuais e média geral dos valores dos parâmetros considerados

Tabela 105 - Classificação do estado trófico de reservatório Suíça segundo IET Lamparelli (2004), considerando as médias anuais e gerais dos parâmetros considerados (continua)

Ano	IET-PT	Class	IET-Cla	Class	IETm	Class
2008	54,1	M	44,9	UO	49,5	O
2009	52,7	M	45,0	UO	48,8	O
2010	56,8	M	44,2	UO	50,5	O
2011	51,8	O	50,8	O	51,3	O
2012	55,7	M	42,4	UO	49,0	O

Tabela 105 - Classificação do estado trófico de reservatório Suíça segundo IET Lamparelli (2004), considerando as médias anuais e gerais dos parâmetros considerados (conclusão)

Ano	IET-PT	Class	IET-Cla	Class	IETm	Class
2013	45,3	UO	45,7	UO	45,5	UO
2014	52,3	M	47,9	O	50,1	O
Média Geral	52,9	M	47,1	O	50,0	O

Considerando valores das médias anuais dos parâmetros observados, o IET médio (IETm) de Lamparelli (2004) indicou condições oligotróficas preponderantes no reservatório, 85,7 %. De acordo com a média geral dos valores dos parâmetros, o reservatório Suíça foi classificado como oligotrófico pelo IETm de Lamparelli (2004).

Cunha (2013)

A Tabela 106 apresenta os resultados da classificação trófica segundo IET de Cunha et al. (2013), considerando os resultados de monitoramento realizados no ponto 2, situado no reservatório Suíça.

Tabela 106 - Classificação do estado trófico segundo IET de Cunha et al. (2013) no ponto 2, situado no reservatório Suíça

Ponto 2	IET-PT	Class	IET-Cla	Class	IETrs	Class
out-08	52,4	O	48,9	UO	50,7	UO
dez-08	54,8	M	22,8	UO	38,8	UO
fev-09	55,2	M	45,7	UO	50,4	UO
abr-09	54,6	M	46,0	UO	50,3	UO
jun-09	50,3	UO	49,6	UO	49,9	UO

ago-09	40,8	UO	31,1	UO	35,9	UO
nov-10	55,5	M	46,0	UO	50,8	UO
fev-11	49,9	UO	49,1	UO	49,5	UO
mai-11	55,5	M	51,6	O	53,5	M
ago-11	49,9	UO	53,6	M	51,8	O
out-11	49,9	UO	40,4	UO	45,2	UO
fev-12	54,4	M	39,5	UO	46,9	UO
mai-12	52,8	O	39,5	UO	46,1	UO
ago-12	56,3	E	48,0	UO	52,2	O
abr-13	51,9	O	45,7	UO	48,8	UO
jul-13	40,8	UO	47,1	UO	43,9	UO
out-13	40,8	UO	48,2	UO	44,5	UO
jan-14	55,3	M	52,1	O	53,7	M
abr-14	52,3	O	22,8	UO	37,6	UO
jul-14	40,8	UO	45,6	UO	43,2	UO

A Tabela 107 apresenta números e percentagens de campanhas para quais o estado trófico foi classificado como ultraoligotrófico, oligotrófico, mesotrófico, eutrófico e hipereutrófico no reservatório Suíça, segundo IET Cunha et al. (2013).

Tabela 107 - Número e percentagem de campanhas resultando em diferentes classes do estado trófico no reservatório Suíça segundo IET Cunha et al. (2013)

Classificação	IET-PT	IET-Cla	IETrs
Ultraoligotrófico	8 (40 %)	17 (85 %)	16 (80 %)
Oligotrófico	4 (20 %)	2 (10 %)	2 (10 %)
Mesotrófico	7 (35 %)	1 (5 %)	2 (10 %)
Eutrófico	1 (5 %)	-	-
Supereutrófico	-	-	-
Hipereutrófico	-	-	-

A partir dos valores de concentrações de fósforo total registrados no ponto 2, somente para a campanha de agosto de 2012, o estado trófico foi classificado como eutrófico. Este fato pode ter sido influenciado pelos altos valores de pluviosidade (236,80 mm) e concentração de fósforo total (0,049 mg/l) registrados nesta campanha.

Considerando os valores de clorofila-a registrados, para dezessete das vinte campanhas, 85 %, o reservatório foi classificado como ultraoligotrófico, nas quais dez destas, 58,8 %, corresponderam ao semestre geralmente de estiagem (abril a setembro).

O IET médio de Cunha (2013) (IETrs) indicou condições ultraoligotróficas para dezesseis das vinte campanhas realizadas no reservatório, 80 %. Para as campanhas realizadas em maio de 2011 e janeiro de 2014 os estados tróficos foram classificados como mesotróficos pelo IETrs de Cunha.

A Tabela 108 apresenta a classificação do estado trófico do reservatório Suíça segundo o IET Cunha et al. (2013), considerando médias geométricas anuais e geral dos parâmetros considerados.

Tabela 108 - Classificação do estado trófico do reservatório Suíça segundo o IET proposto por Cunha et al. (2013), considerando médias geométricas anuais e geral dos valores dos parâmetros considerados

Ano	IET-Cla	Class	IET-PT	Class	IETrs	Class
2008	35,90	UO	53,6	M	44,7	UO
2009	43,12	UO	50,2	UO	46,7	UO
2010	46,00	UO	55,5	M	50,8	UO
2011	48,68	UO	51,4	UO	50,0	UO
2012	42,34	UO	54,5	M	48,4	UO
2013	46,97	UO	44,5	UO	45,7	UO
2014	40,19	UO	49,5	UO	44,8	UO
Média Geral	43,68	UO	50,7	UO	47,2	UO

Considerando os valores das médias geométricas anuais do parâmetro fósforo total, o IET de Cunha indicou condições ultraoligotróficas, 57,1 %, ou mesotróficas, 42,9 %, ao reservatório Suíça. De acordo com o IET clorofila-a e o IET médio (IETrs), o reservatório Suíça foi classificado como ultraoligotrófico para todos os anos.

O IET de Cunha calculado a partir das médias gerais dos valores de parâmetros registrados em todas as campanhas, classificou o estado trófico do reservatório Suíça como ultraoligotrófico.

Síntese dos resultados de Índices de estado trófico no reservatório Suíça

A Tabela 109 mostra síntese dos resultados da classificação de estado trófico do reservatório Suíça obtidos através dos diferentes modelos aplicados, considerando os valores de parâmetros observados no ponto 2.

Síntese de números e percentagens de campanhas, para as quais o estado trófico foi classificado como ultraoligotrófico, oligotrófico, mesotrófico, eutrófico, supereutrófico e hipereutrófico, segundo os modelos aplicados são apresentadas na Tabela 110, de acordo com as legendas: SMS - Curva de Probabilidade Salas e Martino (1991), IET(PT)₁ - IET de fósforo total Carlson (1977), IET(Cla)₁ - IET de clorofila Carlson (1977), IETm₁ - IET médio de Carlson (1977), IET(PT)₂ - IET de fósforo total Carlson modificado por Toledo (1984), IET(Cla)₂ - IET da clorofila Carlson modificado por Toledo (1984), IETm₂ - IET médio de Carlson modificado por Toledo (1984), IET(PT)₃ - IET de fósforo total Lamparelli (2004), IET(Cla)₃ - IET da clorofila-a Lamparelli (2004), IETm₃ - IET médio de Lamparelli (2004), IET(PT)₄ - IET de fósforo total de Cunha et al. (2013), IET(Cla)₄ - IET da clorofila-a de Cunha et al. (2013) e IETm₄ - IET médio de Cunha et al. (2013).

Tabela 109 - Resultados das classificações de estado trófico do reservatório Suíça a partir dos resultados de monitoramentos no ponto 2

Ponto 2	PT (mg/l)	Cla (µg/l)	SMS	IET (PT) ₁	IET (Cla) ₁	IETm ₁	IET- (PT) ₂	IET (Cla) ₂	IETm ₂	IET (PT) ₃	IET (Cla) ₃	IETm ₃	IET- (PT) ₄	IET- (Cla) ₄	IETm ₄	Chuva (7d)	Chuva (15d)
out/08	0,018	1,365	O	E	O	E	O	O	O	M	O	O	O	UO	UO	22,70	60,80
dez/08	0,033	0,001	M	E	UO	O	M	UO	O	M	UO	UO	M	UO	UO	37,50	301,50
fev/09	0,037	0,546	M	E	O	E	M	O	M	M	UO	O	M	UO	UO	3,70	34,50
abr/09	0,032	0,606	M	E	O	E	M	O	M	M	UO	O	M	UO	UO	67,30	123,00
jun/09	0,011	1,638	UO	E	O	E	O	O	O	O	O	O	UO	UO	UO	24,30	24,30
ago/09	0,001	0,010	UO	UO	UO	UO	UO	UO	UO	UO	UO	UO	UO	UO	UO	6,60	6,60
nov/10	0,040	0,600	M	E	O	M	M	O	O	M	UO	O	M	UO	UO	116,10	319,70
fev/11	0,010	1,400	UO	E	O	M	O	O	O	O	O	O	UO	UO	UO	5,30	7,30
mai/11	0,040	2,800	M	E	HE	E	M	O	M	M	O	M	M	O	M	2,80	2,80
ago/11	0,010	4,900	UO	E	M	E	O	M	O	O	M	O	UO	M	O	1,90	5,50
out/11	0,010	0,130	UO	E	UO	M	O	UO	O	O	UO	UO	UO	UO	UO	69,00	121,20
fev/12	0,030	0,100	M	E	UO	M	M	UO	O	M	UO	UO	M	UO	UO	3,10	64,00
mai/12	0,020	0,100	O	E	UO	M	O	UO	O	M	UO	UO	O	UO	UO	4,20	19,10
ago/12	0,049	1,050	M	E	O	E	M	O	M	M	UO	M	E	UO	O	127,30	236,80
abr/13	0,016	0,546	O	E	O	M	O	O	O	O	UO	O	O	UO	UO	0,30	0,70
jul/13	0,001	0,810	UO	UO	O	O	UO	O	O	UO	UO	UO	UO	UO	UO	0,40	6,60
out/13	0,001	1,092	UO	UO	O	O	UO	O	O	UO	O	UO	UO	UO	UO	27,40	91,70
jan/14	0,038	3,276	M	E	M	E	M	O	M	M	M	M	M	O	M	4,50	21,60
abr/14	0,018	0,001	O	E	UO	O	O	UO	UO	O	UO	UO	O	UO	UO	1,80	29,40
jul/14	0,001	0,540	UO	UO	O	O	UO	O	O	UO	UO	UO	UO	UO	UO	1,00	4,80
Média Geral	0,021	1,076	O	E	O	E	O	O	O	M	O	O	UO	UO	UO	-	-

Legenda: SMS - Curva de Probabilidade Salas e Martino (1991), IET(PT)₁ - IET de fósforo total Carlson (1977), IET(Cla)₁ - IET de clorofila Carlson (1977), IETm₁ - IET médio de Carlson (1977), IET(PT)₂ - IET de fósforo total Carlson modificado por Toledo (1984), IET(Cla)₂ - IET da clorofila Carlson modificado por Toledo (1984), IETm₂ - IET médio de Carlson modificado por Toledo (1984), IET(PT)₃ - IET de fósforo total Lamparelli (2004), IET(Cla)₃ - IET da clorofila-a Lamparelli (2004), IETm₃ - IET médio de Lamparelli (2004), IET(PT)₄ - IET de fósforo total Cunha et al. (2013), IET(Cla)₄ - IET da clorofila-a Cunha et al. (2013) e IETm₄ - IET médio de Cunha et al. (2013).

Tabela 110 - Número e percentagem de campanhas correspondentes a diferentes classes de estado trófico para o reservatório Suíça, considerando valores de parâmetros observados no ponto 2, segundo os diferentes modelos

Class	SMS	IET(PT) ₁	IET(Cla) ₁	IETm ₁	IET-PT ₂	IET-Cla ₂	IETm ₂	IET-PT ₃	IET-Cla ₃	IETm ₃	IET-PT ₄	IET-Cla ₄	IETm ₄
UO	8 (40)	4 (20)	6 (30)	1 (5)	4 (20)	6 (30)	2 (10)	4 (20)	13 (65)	9 (45)	8 (40)	17 (85)	16 (80)
O	4 (20)	-	11 (55)	5 (25)	8 (40)	13 (65)	13 (65)	6 (30)	5 (25)	8 (40)	4 (20)	2 (10)	2 (10)
M	8 (40)	-	2 (10)	6 (30)	8 (40)	1 (5)	5 (25)	10 (50)	2 (10)	3 (15)	7 (35)	1 (5)	2 (10)
E	-	16 (80)	-	8 (40)	-	-		-	-	-	1 (5)	-	
SE								-	-	-	-	-	
HE	-	-	1 (5)	-	-	-		-	-	-	-	-	

() Percentagem de campanhas, em %

Para as campanhas de dezembro de 2008, fevereiro de 2009, abril de 2009, novembro de 2010, maio de 2011, agosto de 2012 e janeiro de 2014, nas quais apresentaram valores de fósforo total acima dos limites preconizados pela resolução CONAMA 357/05, o reservatório Suíça foi classificado como mesotrófico ou eutrófico, segundo os IETs (fósforo total) e a curva de Salas e Martino (1991).

Para a campanha de novembro de 2010, na qual foi registrada altas precipitações pluviométricas nos 15 anteriores a esta campanha (319,70 mm), o IET médio do modelo Cunha (IETm4) indicou condições ultraoligotróficas ao reservatório. Para Toledo (1984), curva de distribuição probabilística de Salas e Martino (1984) e Lamparelli (2004), o estado trófico desta campanha foi classificado como mesotrófico ou oligotrófico.

Considerando os valores de clorofila-a registrados no ponto 2, entre 2008 e 2014, para os IETs de Lamparelli (2004), Toledo (1984), Carlson (1977) e Cunha et al. (2013), para a campanha de agosto de 2011, no qual foi registrada o maior valor de concentração de clorofila-a, o estado trófico foi classificado como mesotrófico.

Para a campanha de agosto de 2012, no qual foi registrado alto valor de concentração de fósforo total e pluviosidade (0,049 mg/l e 236,80 mm), o IET (fósforo) de Cunha e de Carlson classificaram o reservatório como eutrófico. Para os demais modelos, o estado trófico foi classificado como mesotrófico.

A partir dos resultados de monitoramentos no ponto 2 do reservatório Suíça, o IET(fósforo) de Carlson (1977) apresentou mais rigoroso, sendo que mais de 50% das campanhas os estados tróficos foram classificados como eutrófico. Os demais modelos e índices (SMS, IET-PT₂, IET-Cla₂, IETm₂, IET-PT₃, IET-Cla₃, IETm₃, IET-PT₄, IET-Cla₄ e IETm₄) se apresentaram os menos rigorosos, com mais de 50 % dos valores indicando as classes ultraoligotróficas, oligotróficas, mesotróficas e eutróficas.

Os cálculos de coeficiente de *Pearson* foram realizados relacionando o modelo de Cunha com os demais modelos (Carlson, Toledo e Lamparelli), a partir de resultados mensais e anuais dos IETm's no ponto 2 do reservatório Suíça. Os resultados são apresentados na Tabela 111.

Tabela 111 - Coeficiente de correlação de Pearson a partir da relação entre IETm de Cunha (2012) e os outros IETm's, considerando dados mensais e anuais no ponto 2 do reservatório Suíça

Ponto 2	IETm Carlson (1977)	IETm Toledo (1984)	IETm Lamparelli (2004)
Mensal	0,935	0,955	0,999
Anual	0,245	0,836	0,853

Os maiores valores de coeficiente de *Pearson* calculados a partir de valores registrados no ponto 2, por campanha e anual, apresentaram-se para a relação entre o IET médio (IETm) Cunha e o de Lamparelli, significando uma melhor correlação entre os resultados correspondentes a esses IETs. Os menores valores de coeficiente de *Pearson* foram na relação entre Cunha e Carlson.

A Tabela 112 apresenta os resultados de cálculos de diferenças percentuais relativas aos valores de IET médio de Cunha, considerando os calculados com os dos outros IETs (Carlson, Toledo e Lamparelli), a partir de valores de parâmetros registrados o ponto 2, situado no reservatório Suíça.

Tabela 112 -Diferença percentual dos resultados do IETm Cunha (2012) com Carlson (1997), Toledo (1984) e Lamparelli (2004) no reservatório Suíça

Ponto 2	IETm Carlson (1977)	IETm Toledo (1984)	IETm Lamparelli (2004)
out/08	2,39	-15,62	-1,02
dez/08	-15,36	-34,16	-11,70
fev/09	1,21	-11,37	-0,75
abr/09	6,81	-7,01	-0,92
jun/09	6,89	-15,06	-1,91
ago/09	-54,11	-70,47	-18,58
nov/10	-6,23	-18,05	-0,47
fev/11	-0,21	-22,84	-2,29
mai/11	0,09	-10,91	1,40
ago/11	-0,44	-21,90	-0,64
out/11	9,23	-15,94	-5,87
fev/12	-3,33	-19,01	-3,59
mai/12	-4,21	-23,72	-4,56
ago/12	6,87	-2,85	0,63
abr/13	1,52	-18,40	-2,56
jul/13	-24,14	-36,81	-8,81
out/13	-27,25	-39,72	-8,27
jan/14	7,92	-3,44	1,48
abr/14	-24,73	-50,64	-13,74
jul/14	-27,63	-40,59	-9,56

Para quatorze das vinte campanhas, 70 %, considerando os valores de parâmetros registrados no ponto 2 do reservatório Suíça, as diferenças percentuais entre os valores de IET médios de Cunha e Lamparelli foram inferiores aos calculados considerando os demais IETs.

5.5. Índice Morfoedáfico – MEI

A relação fósforo-MEI permite estimativa de percentagem de fósforo que chega a montante do reservatório. Esta estimativa serve como indicativo da redução e aporte de fósforo ao reservatório necessário para que se alcance diferentes níveis tróficos (SILVA E MENDONÇA, 2001 *apud* TRINDADE, 2011).

A Tabela 113 apresenta estimativas de percentagens de redução de aporte de fósforo necessárias para que as águas do reservatório apresentassem condições correspondentes à classe mesotrófica, segundo TRINDADE (2011). Os resultados das campanhas de monitoramento realizadas a montante da PCH Rio Bonito e da UHE Suíça, respectivamente. As concentrações de fósforo registradas nestes pontos são apresentadas no Apêndice II.

Tabela 113 - Estimativas de porcentagens de redução de aporte de fósforo aos reservatórios de Rio Bonito e Suíça (continua)

Data	Rio Bonito	Suíça
out-08	63,12	-
dez-08	-	-
fev-09	-	-
abr-09	64,80	-
jun-09	31,71	-
ago-09	50,62	-
nov-10	39,15	51,57
fev-11	78,43	46,35
mai-11	-	-
ago-11	-	-
out-11	-	-
fev-12	12,45	-
mai-12	98,99	11,02
ago-12	74,38	45,49

Tabela 114 - Estimativas de porcentagens de redução de aporte de fósforo aos reservatórios de Rio Bonito e Suíça (conclusão)

Data	Rio Bonito	Suíça
abr-13	-	-
jul-13	-	-
out-13	58,41	-
jan-14	72,86	-
abr-14	-	-
jul-14	-	-
Média Geral	83,99	-

- Estimativas de porcentagens negativas de redução de aporte de fósforo aos reservatórios

Considerando a média aritmética das condutividades elétricas registradas nas vinte campanhas, seria necessária redução de aproximadamente 83,99 % nos aportes de fósforo ao reservatório de Rio Bonito para que ele se mantivesse mesotrófico. Já no reservatório Suíça, não seria necessária redução de aporte.

Para o reservatório de Rio Bonito, caso se considerasse apenas as condições por campanha, segundo resultados para doze delas (60 %) haveria necessidade de redução de aporte de fósforo no reservatório. O maior valor de estimativa de redução correspondeu à campanha realizada em maio de 2012 (98,99 %). Para o reservatório Suíça, somente os resultados de quatro campanhas indicariam necessidade de redução de aporte de fósforo (novembro de 2010, fevereiro de 2011, maio de 2012 e agosto de 2012).

6. CONCLUSÕES

Os resultados de classificação do estado trófico dos reservatórios de Rio Bonito e Suíça, através de diferentes modelos matemáticos e Índices de Estado Trófico, a partir de resultados de campanhas de monitoramento realizadas entre outubro de 2008 e julho de 2014, indicaram que as classes resultantes podem ser muito diferentes, mesmo a partir de valores de parâmetros registrados em um mesmo ponto em uma mesma campanha. Em alguns casos as classes escolhidas pelos diferentes modelos variaram, para um mesmo ponto em uma mesma campanha, entre ultraoligotrófico e hipereutrófico.

O IET de Carlson (1977) indicou, predominantemente, maiores graus de eutrofização para os reservatórios de Rio Bonito e Suíça. Cabe observar que este modelo foi desenvolvido para ambientes temperados. Os demais modelos e índices, desenvolvidos para ambientes subtropicais/tropicais (Toledo, 1984; Curva de Salas e Martino, 1991; Lamparelli, 2004; Cunha, 2012), classificaram os estados tróficos principalmente, entre ultraoligotrófico, oligotrófico ou mesotrófico.

Apesar da predominância de classificação dos estados como ultraoligotrófico, oligotrófico e mesotrófico para os reservatórios Rio Bonito e Suíça pelos modelos específicos para clima tropical, os valores obtidos para o Índice Morfoedáfico a partir de resultados de monitoramentos realizados em diversas campanhas indicaram a necessidade de significativa redução das cargas afluentes de fósforo para que eles se mantenham em estado mesotrófico. Além disto, foram observadas condições de supersaturação, geralmente resultantes de processos de eutrofização em algumas campanhas.

Os resultados qualitativos e quantitativos do IET desenvolvido por Cunha et al. (2013), nos reservatórios da PCH Rio Bonito e UHE Suíça, se apresentaram próximos daqueles obtidos com o IET de Lamparelli (2004) (modelo de referência adotado pela CETESB). O IET proposto por Cunha et al. (2013), resultou, comparativamente, em maiores nuances de classificação de estado trófico para as campanhas analisadas.

O emprego do parâmetro transparência em diferentes modelos resultou em maior rigor na classificação de estado trófico, se comparado com os resultantes de classificação com uso dos parâmetros fósforo e clorofila-a, principalmente para campanhas realizadas após períodos chuvosos, muito provavelmente devido aos aumentos de valores de turbidez nestes períodos.

Os resultados de classificação de estado trófico do reservatório do Rio Bonito considerando resultados de monitoramento em dois diferentes pontos, 2 e 7, mostraram que a escolha do local de amostragem pode influenciar muito significativamente na indicação de graus de trofia do corpo d'água pelos diferentes modelos.

O fato do reservatório Suíça se localizar a jusante do reservatório Rio Bonito conduziu a classificação em graus e classes de trofia geralmente inferiores às correspondentes a este último, considerando mesmos modelos e parâmetros, muito provavelmente pelo fato deste último reservatório estar funcionando como uma espécie de sistema de tratamento precário, causando redução da carga poluidora que aflui ao reservatório a jusante.

A grande variedade de classes escolhidas através dos diferentes modelos indica a grande importância da adequada escolha de modelos e índices, de acordo com as condições prevalentes nos corpos hídricos de interesse. Além disto, a escolha de locais de monitoramento no interior dos reservatórios pode influenciar muito significativamente nos resultados de classificação.

7. RECOMENDAÇÕES

Com finalidade de melhor compreensão das variações de classificação de estado trófico e definição dos modelos mais adequados recomenda-se a continuidade do monitoramento de qualidade de água nos reservatórios, acompanhada de levantamento de cargas de efluentes e medições de precipitações pluviométricas.

Sugere-se a inclusão no monitoramento de parâmetros relacionados com cianobactérias e formação de toxinas, com intuito de analisar, com maior precisão, os processos e as consequências de eutrofização nos reservatórios.

Considerando diversas classificações, por diferentes modelos, para diferentes pontos e campanhas, dos estados tróficos dos reservatórios como eutróficos, hipereutróficos e supereutróficos recomenda-se a implantação de estações de tratamento eficientes na remoção de nutrientes e controle de fontes de poluição difusa na parte da bacia do rio Santa Maria da Vitória cujas águas drenadas se dirigem para os reservatórios.

Recomenda-se ainda desenvolvimento de estudos semelhantes para outros reservatórios situados no Espírito Santo para escolha ou desenvolvimento de modelos ou índices mais apropriados para classificação de estados tróficos de reservatórios localizados no estado.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGOSTINHO, A. A.; GOMES, L. C.; PELICICE, F. M. **Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil**. Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2007.
2. ALCÂNTARA, E. H.; STECH, J. L. Desenvolvimento de modelo conceitual termodinâmico para o reservatório hidrelétrico de Itumbiara baseado em dados de satélite e telemétricos. **Revista Ambiente e Água**, v. 6, n. 2, p. 157–179, 2011.
3. APHA, Awwa. WPCF, 1985. **Standard methods for the examination of water and wastewater**, v. 16, p. 445-446, 1985.
4. ARAÚJO, J. A. F.; SALES, R. J. M.; SOUZA, R. O. **Estudo da sensibilidade de risco de eutrofização no reservatório Acarape do meio em função dos parâmetros que compõem o índice de estado trófico modificado**. In: XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Bento Gonçalves, RS, 2013a.
5. ARAÚJO, J. A. F.; SALES, R. J. M.; SOUZA, R. O. Risco de eutrofização em reservatórios de regiões semiáridas com uso da teoria dos conjuntos difusos. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, v. 10, n. 1, 2013b.
6. BARRETO, L. V.; FRAGA, M. D. S.; BARROS, F. M.; ROCHA, F. A.; AMORIM, J. D. S.; DE CARVALHO, S. R.; BONOMO, P.; DA SILVA, D. P. Estado trófico em uma seção do rio Catolé Grande sob diferentes níveis de vazão. **Revista Ambiente e Água**. Taubaté, v.9, n.2, 26 jun. 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1980-993X2014000200007&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em: 28 ago. 2015.
7. BATISTA, A. A.; MEIRELES, A. C. M.; ANDRADE, E. M. de; IZIDIO, N. S. de C.; LOPES, F. B. Sazonalidade e variação espacial do índice de estado trófico do açude Orós, Ceará, Brasil. **Revista AgroAmbiente on line**, v. 8, n. 1, p. 39–48, 2014.

8. BORGES, F. Z. **Análise da distribuição sedimentar da matéria orgânica e fósforo total na porção noroeste da baía de vitória, es.** 2009. 43f. Monografia (Oceanografia) - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2009.
9. BORGES, J. T. **Avaliação do estado trofico e sanitario e a adsorção de fosforo no sedimento da lagoa do taquaral-campinas-s.p.** 1998. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 1998.
10. BRAGA, B. **Introdução à engenharia ambiental o desafio do desenvolvimento sustentável.** São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005. reimpressão 2006.
11. BRASSAC, N. M.; PRESTES, E. C.; MIRANDA, T. L. G.; LUDWIG, T. A. V.; TREMARIM, P. I.; MULLER, I. I.; PEREIRA, P. S. **Ocorrência de florações em reservatórios hidrelétricos: O caso da UHE Foz do Areia.** In: XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Campo Grande - MS, 2009. .
12. BUCCI, M. H.; DE OLIVEIRA, L. F. C. Índices de Qualidade da Água e de Estado Trófico na Represa Dr. João Penido (Juiz de Fora, MG). **Revista Ambiente e Agua.** Juiz de Fora, MG, v.9, n.1, 2014. Disponível em:

<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1980993X2014000100013&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em: 28 ago. 2015.
13. BUZELLI, G. M.; DA CUNHA-SANTINO, M. B. Diagnosis and analysis of water quality and trophic state of Barra Bonita reservoir, SP. **Revista Ambiente e Agua.** São Paulo, v.8, n.1, 30 abr. 2013. Disponível em:

<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1980993X2013000100014&lng=en&nrm=iso&tlng=en>. Acesso em: 18 ago. 2015.
14. CAIADO, M. A. C. **Modeling fate and transport of nitrogen and phosphorus in crop fields under tropical conditions.** 2005. 231f. Tese (Doutorado em Biological SystemsEngineering), Universidade Politécnica da Virgínia, Virgínia, 2005.

15. CAMARGO, V. M.; FERRAGUT, C. Periphytic algal community structure on *Eleocharis acutangula* (Roxb.) Schult (Cyperaceae) in a tropical shallow reservoir, São Paulo, São Paulo State, Brazil. **Hoehnea**, v. 41, n. 1, p. 31–40, 2014.
16. CARLSON, R. E. A trophic state index for lakes. **Limnology and Oceanography**, v. 22, n. 2, p. 361–369, 1977.
17. CETESB. **Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem**. 2009 Disponível em:

<<http://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wpcontent/uploads/sites/32/2013/11/variaveis.pdf>>. Acesso em: 24 fev. 2015.
18. CETESB. **IET - Índice de Estado Trófico**. 2013. Disponível em:

<<http://aguasinteriores.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/32/2013/11/02.pdf>>. Acesso em: 2 set. 2015.
19. CHAVES, F. Í. B.; LIMA, P. de F.; LEITÃO, R. C.; PAULINO, W. D.; SANTAELLA, S. T. Influência Da Chuva No Estado Trófico de Um Reservatório Do Semiárido Brasileiro. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 35, n. 4, p. 505–511, 2013.
20. CORDEIRO, E. M. S.; ROCHA, F. N. S.; PEQUENO, M. N. C.; BUARQUE, H. L. B. **Avaliação comparativa dos índices de estado trófico das lagoas do opaia e da sapiranga, Fortaleza-Ce**. In: IX Encontro de pesquisa e pós-graduação, IX Encontro de iniciação científica, III Simpósio de inovação tecnológica. Fortaleza, 2009.
21. CORDEIRO, S. F. O. **Avaliação do grau de trofia das águas do reservatório da usina hidrelétrica barra dos coqueiros - GO**. 2013. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Goiás, Jataí, 2013.
22. CSMJ. Consórcio Itermunicipal das Bacias dos Rios Santa Maria da Vitoria e Jucu. Diagnóstico Plano Diretor das Bacias dos Rios Santa Maria da Vitória e

- Jucu. 1995. In: **Volume I - Ecossistemas aquáticos interiores e recursos hídricos**. Rio de Janeiro, Habtec Engenharia Sanitaria e Ambiental, 1997a.
23. CSMJ. Consórcio Intermunicipal das Bacias dos Rios Santa Maria da Vitória e Jucu. Diagnóstico e Plano Diretor das Bacias dos Rios Santa Maria da Vitória e Jucu. 1995. In: **Volume II - Clima, Geologia, Relevo e Solos**. Rio de Janeiro, Habtec Engenharia Sanitaria e Ambiental, 1997b.
24. CUNHA, D. G. F. **Heterogeneidade espacial e variabilidade temporal do reservatório de Itupararanga: uma contribuição ao manejo sustentável dos recursos hídricos da bacia do rio Sorocaba (sp)**. 2012. Tese (Doutorado em Engenharia Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 2012.
25. CUNHA, D. G. F.; CALIJURI, M. do C.; LAMPARELLI, M. C. A Trophic State Index for Tropical/subtropical Reservoirs (TSI_{tsr}). **Ecological Engineering**, v. 60, p. 126–134, 2013.
26. DE FILLIPPO, R.; GOMES, E. L.; LENZ-CÉSAR, J.; SOARES, C. B.P.; MENEZES, C. F. S. As alterações na qualidade da água durante o enchimento do reservatório de UHE Serra da Mesa - GO. In: **Ecologia de Reservatórios: Estrutura, Função e Aspectos Sociais**. São Paulo, FUNDIBIO, p. 321 – 346, 2007.
27. DERISIO, J. C. **Introdução ao controle de poluição ambiental**. In: Introdução ao controle de poluição ambiental. São Paulo, CETESB, 2007.
28. DEZOTTI, M. **Processos e técnicas para o controle ambiental de efluentes líquidos**. Rio de Janeiro: E-papers, v.5, 2008.
29. DINIZ, A. P.; MACHADO, L. C. C.; LONGO, R. M. **Análise da qualidade da água da lagoa do Taquaral, Campinas-SP**. In: XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Bento Gonçalves, RS, 2013. .
30. EDP. **Monitoramento limnológico e da qualidade da água da área de influência da PCH Rio Bonito**. Vitória, Escelsa, 2014a.

- 31.EDP. **Monitoramento limnológico e da qualidade da água da área de influência da UHE Suíça**. Vitória, Escelsa, 2014b.
- 32.ESTEVES, F. A. **Fundamentos de limnologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência/FINEP, 575 p., 1998.
- 33.FARAGE, J.A.P.; MATOS, A. T.; SILVA, D. D.; BORGES, A. C. Determinação do índice de estado trófico para fósforo em pontos do rio pomba. **Engenharia na agricultura**, v. 18, n. 4, p. 322–329, 2010.
- 34.FERREIRA, R. A. R.; CAVENAGHI, A. L.; VELINI, E. D.; CORRÊA, M. R.; NEGRISOLI, E.; BRAVIN, L. F. N.; TRINDADE, M. L. B.; PADILHA, F. S. Monitoramento de Fitoplâncton E Microcistina No Reservatório Da UHE Americana. **Planta Daninha**, v. 23, n. 2, p. 203–214, 2005.
- 35.FIA, R.; MATOS, A.; CORADI, P.; PEREIRA-RAMIREZ, O. Estado trófico da água na bacia hidrográfica da Lagoa Mirim, RS, Brasil. **Revista Ambiente e Agua**, v. 4, n. 1, p. 132–141, 2009.
- 36.FIGUEIREDO, L. C. P.; SILVEIRA, R. S. da; MELLO, W. C. de. DETERMINAÇÃO DO ESTADO TRÓFICO EM AMBIENTES LÊNTICOS: relações entre o agente causador e a resposta biológica às alterações ambientais. **Revista Presença**, v. 1, n. 2, p. 78–94, 2015.
- 37.FONSECA, G. A. B. **Contribuição antrópica na poluição de reservatórios hidrelétricos: o caso da usina hidrelétrica de são simão - go/mg**. 2010. 116 f. Tese (Doutorado em Planejamento Energético) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.
- 38.FONTOURA VIDAL, T.; CAPELO NETO, J. Evolução temporal da qualidade da água do açude Gavião/CE e sua correlação com outros fenômenos. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 10, n. 12, 10 nov. 2014. Disponível em:

<http://amigosdanatureza.org.br/publicacoes/index.php/forum_ambiental/article/view/909>. Acesso em: 9 dez. 2015.

39. FREITAS, F. R. S.; RIGHETTO, A. M.; ATTAYDE, J. L. Cargas de Fósforo Total e Material em Suspensão em um Reservatório do Semi-Árido Brasileiro. **Oecologia Australis**, v. 15, n. 3, p. 655–665, 2011.
40. GARCIA, C. A. B.; SILVA, L.P.; MARQUES, L. P.; GARCIA, C. A. B.; ALVES, J. P. H.; SILVA, M. G.; CARVALHO, F. O. Nível trófico do reservatório de Jacarecica I – Sergipe – Brasil. **Scientia Plena**, v. 8, n. 7, 3 out. 2012. Disponível em: <<http://www.scientiaplenu.org.br/sp/article/view/1025>>. Acesso em: 9 dez. 2015.
41. GIN, K. Y. H.; RAMASWAMY, U.; GOPALAKRISHNAN, A. P. Comparison of Nutrient Limitation in Freshwater and Estuarine Reservoirs in Tropical Urban Singapore. **Journal of Environmental Engineering**, v. 137, n. 10, p. 913–919, 2011.
42. GOVEIA, D.; REBELO, A.; LORO, A. P.; SASSO, G. D.; DA ROCHA, T. N. F.; DOMPIERI, T. P.; CARLOS, V. M. Uso de índices de qualidade de água para avaliação da água em ambiente lântico/ Use of quality index for evaluation of water in lentic environment. **Revista Brasileira de Engenharia de Biossistemas**, v. 8, n. 2, p. 104, 2014.
43. JORGENSEN, S. E.; RAST, H. L. W.; STRASKRABA, M. **Lake and reservoir management**. 1. ed. Estados Unidos: Elsevier Science, 2006.
44. KAGALOU, I.; PSILOVIKOS, A. Assessment of the Typology and the Trophic Status of Two Mediterranean Lake Ecosystems in Northwestern Greece. **Water Resources**, v. 41, n. 3, p. 335–343, 2014.
45. KARADŽIĆ, V.; SUBAKOV-SIMIĆ, G.; KRIZMANIĆ, J.; NATIĆ, D. Phytoplankton and Eutrophication Development in the Water Supply Reservoirs Garaši and Bukulja (Serbia). **Desalination**, v. 255, n. 1-3, p. 91–96, 2010.
46. LAMPARELLI, M. C. **Grau de trofia em corpos d'água do estado de são paulo: avaliação dos métodos de monitoramento**. 2004. 238f. Tese (Doutorado) - Instituto de Biociência - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

47. LEMOS, M. de; FERREIRA NETO, M.; DIAS, N. da S. Sazonalidade E Variabilidade Espacial Da Qualidade Da água Na Lagoa Do Apodi, RN. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 2, p. 155–164, 2010.
48. LEVINE, D. M.; SOUZA, T. C. P. de. **Estatística teoria e aplicações: usando o microsoft excel em português**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2008.
49. LIMA, P. de F.; SOUSA, M. S. R.; PORFÍRIO, A. F.; ALMEIDA, B. S.; FREIRE, R. H. F.; SANTAELLA, S. T. Preliminary Analysis on the Use of Trophic State Indexes in a Brazilian Semiarid Reservoir. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 37, n. 3, p. 309–318, 2015.
50. LIMBERGER, S. **Microalgas perifíticas como bioindicadores ambientais na foz do rio ocoy - tributário do lago de itaipu-PR**. 2011. Monografia (Tecnólogo) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Medianeira., Parana, 2011.
51. LIU, H.; PAN, D.; CHEN, P. A two-year field study and evaluation of water quality and trophic state of a large shallow drinking water reservoir in Shanghai, China. **Desalination and Water Treatment**, v. 1, n. 1, p. 1–10, 2015.
52. LIU, L.; LIU, D.; JOHNSON, D. M.; YI, Z.; HUANG, Y. Effects of Vertical Mixing on Phytoplankton Blooms in Xiangxi Bay of Three Gorges Reservoir: Implications for Management. **Water Research**, v. 46, n. 7, p. 2121–2130, 2012.
53. LOPES, F. B.; MEIRELES, A. C. M.; SALES, A. G. C.; DE SALES, M. M.; ANDRADE, E. M. de; BECKER, H. Determinação do estado trófico de um reservatório urbano. In: VII CONNEPI - Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação, 28 ago. 2012. Disponível em:

<<http://propi.iftto.edu.br/ocs/index.php/connepi/vii/paper/view/1717>>. Acesso em: 16 dez. 2015.
54. MAGALHÃES, M. N.; LIMA, A. C. P. de. **Noções de probabilidade e estatística**. São Paulo: EDUSP, 2004.

55. MAIA, A. A. D. **Determinação do grau de trofia no baixo são José dos dourados por meio da comparação entre dois diferentes índices de estado trófico.** 2011. Dissertação (Mestrado em engenharia Civil) - Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, SP, 2011.
56. MARGALEF, R. **Limnologia.** Barcelona: Omega, 1983.
57. MARÍN, V. H.; DELGADO, L. E.; VILA, I; TIRONI, A.; BARRERA, V.; IBÁÑEZ, C. Regime shifts of Cruces River wetland ecosystem: current conditions, future uncertainties. **Latin american journal of aquatic research**, v. 42, n. 1, p. 160–171, 2014.
58. MARTÍNEZ, M. L. L.; PALACIOS, S. M. M. Estado trófico de un lago tropical de alta montaña: Caso Laguna de la Cocha. **Ciencia e Ingeniería Neogranadina**, v. 25, n. 2, p. 21–42, 2015.
59. MATSUZAKI, M. **Tranposição das águas do braço taquacetuba da represa bilings para a represa guarapiranga: aspectos relacionados à qualidade de água para abastecimento.** 2007. Tese (Doutorado em saúde pública) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.
60. MURTHY, G. P; SHIVALINGAIAH; LEELAJA, B. C.; HOSMANI, P. S. **Trophic State Index in Conservation of Lake Ecosystems.** In: Proceeding of Taal 2007, 12^o World Lake Conference. p. 849-843, 2008.
61. NAVAL, L. P.; SILVA, C. D. F.; SOUZA, M. A. A. **Comportamento dos índices do estado trófico de Carlson (IET) e modificado (IETm) no reservatório da UHE Luís Eduardo Magalhães, Tocantins, Brasil.** In: Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. San Juan, 2004. .
62. OLIVEIRA, J. N. P. **A influência da poluição difusa e do regime hidrológico peculiar do semiárido na qualidade da água de um reservatório tropical.** 2012. 115f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária) -Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, 2012.
63. PEREIRA, P. S.; VEIGA, B. V.; DZIEDZIC, M. Avaliação da Influência do Fósforo e do Nitrogênio no Processo de Eutrofização de Grandes Reservatórios. Estudo

- de Caso: Usina Hidrelétrica Foz do Areia. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. v. 18, n. 1, p. 43–52, 2013.
64. PIRES, D. A. **Diversidade (alfa, beta e gama) da comunidade fitoplanctônica de quatro reservatórios do alto tietê, estado de são paulo, com diferentes graus de trofia**. 2014. 101f. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente) - Instituto de Botânica da Secretaria do Meio Ambiente, São Paulo, SP, Brasil, 2014.
65. PORTO, R. L. L.; BRANCO, S. M. (ed.). **Hidrologia ambiental**. São Paulo, SP, Brasil: ABRH : EDUSP, 1991.
66. PRADO, R. B. **Geotecnologias aplicadas à análise espaço temporal do uso e cobertura da terra e qualidade da água do reservatório de barra bonita, sp, como suporte à gestão de recursos hídricos**. 2004. 197f. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) - Universidade de São Carlos, Sao Paulo, 2004.
67. RANGEL-PERAZA, J. G.; DE ANDA, J.; GONZÁLEZ-FARIAS, F.; ERICKSON, D. Statistical Assessment of Water Quality Seasonality in Large Tropical Reservoirs. **Lakes & Reservoirs: Research & Management**, v. 14, n. 4, p. 315–323, 2009.
68. REDFIELD, A. C.; KETCHUM, B. H.; RICHARDS, F. A. The Influence of organisms on the composition of sea water. **The sea**. New York, Lond: Hill, Interscience, 1963. 2.
69. RODRIGUES, L. M.; SCHWARZBOLD, A.; OLIVEIRA, M. A. Spatial and temporal variation of Dona Francisca reservoir (Jacuí river, Rio Grande do Sul State), a subtropical reservoir. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 34, n. 3, 25 jun. 2012. Disponível em:

<<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciBiolSci/article/view/10078>>. Acesso em: 4 ago. 2015.
70. RODRÍGUEZ, J. G.; ASTUDILLO, F. I. M.; SALGADO, V. M. E.; VARGAS, M. D.; SALAZAR, M. B. S. Estado trófico de la presa El Abrevadero, Morelos, México. **Acta Universitária**, v. 23, n. 4, p. 3–8, 2013.

71. SALAS, H.; MARTINO, P. A Simplified Phosphorus Trophic State Model for Warm-Water Tropical Lakes. **Water Research**, v. 25, n. 3, p. 341–350, 1991.
72. SANTOS, J. C. N. dos; ANDRADE, E. M. de; ARAÚJO NETO, J. R. de; MEIRELES, A. C. M.; PALÁCIO, H. A. de Q. Land Use and Trophic State Dynamics in a Tropical Semi-Arid Reservoir. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 1, p. 35–44, 2014.
73. SANTOS, K. P.; FLORENCIO, L. **Aplicação de modelo simplificado para avaliação do estado trófico no reservatório de Duas Unas, Pernambuco-Brasil**. In: 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. João Pessoa-PB. Saneamento Ambiental: Desafio para o século 21- Resumo de trabalhos técnicos. 2001.
74. SANTOS, S. P. **Morfometria, compartimentação e hidrodinâmica de um reservatório periurbano tropical: prognósticos sobre o tempo de vida útil do reservatório de vargem das flores, minas gerais – brasil**. 2012. 136f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, 2012.
75. SAWYER, C. N.; MCCARTY, P. L.; PARKIN, G. F. **Chemistry for environmental engineering and science**. 5th ed. Boston: McGraw-Hill, 2003.
76. SHARIP, Z.; ZAKI, A. T. A.; SHAPAI, M. A. H. M.; SURATMAN, S.; SHAABAN, A. J. Lakes of Malaysia: Water Quality, Eutrophication and Management. **Lakes & Reservoirs: Research & Management**, v. 19, n. 2, p. 130–141, jun. 2014.
77. SILVA, A. P. de S.; DIAS, H. C. T.; BASTOS, R. K. X.; SILVA, E. **Qualidade da água do Reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti, Minas Gerais**. Disponível em: <<http://google.redalyc.org/articulo.oa?id=48815855009>>. Acesso em: 2 dez. 2015.
78. SILVA, E. F. da. **Condição trófica em rios do estado de Minas Gerais**. 2012. 109f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2012.

79. SILVA, H. L. G. **Modelagem bidimensional do fósforo com vistas a gestão de bacias hidrográficas - estudo de caso: reservatórios de fiú, paraná.** 2006.124f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.
80. SILVA, L. H. P. **Avaliação qualitativa da lagoa jacuném, com ênfase em eutrofização.** 1998. 138f. Dissertação (Mestre em Ciências em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 1998.
81. SILVA, S. C.; NISHIMURA, P. Y.; POMPÊO, M. L. M.; MOSCHINI-CARLOS V. **Caracterização limnológica das águas superficiais do reservatório Billings (São Paulo-SP).** In: Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil. Caxambu, Minas Gerais, 2007.
82. SILVINO, R. F.; BARBOSA, F. a. R.; SILVINO, R. F.; BARBOSA, F. a. R. Eutrophication potential of lakes: an integrated analysis of trophic state, morphometry, land occupation, and land use. **Brazilian Journal of Biology**, v. 75, n. 3, p. 607–615, 2015.
83. SOUZA, I. V. A.; SOUZA, R. de O.; PAULINO, W. D. **Cálculo do índice de estado trófico em reservatório com estudo de caso no reservatório Acarape do Meio.** Anais apresentado em Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. São Carlos, SP, 2007. Disponível em:

<<http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/11200>>.
84. THOMANN, R. V.; MUELLER, J. A. **Principles of surface water quality modeling and control.** New York: Harper & Row, 1987.
85. TOLEDO, A. P.; AGUDO, E. G.; TOLARICO, M.; CHINEZ, S. J. **A aplicação de modelos simplificados para a avaliação de processo da eutrofização em lagos e reservatórios tropicais.** Anais apresentado em XIX Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental -AIDS. Santiago, Chile, 1984.
86. TRINDADE, P. B. C. B. **Classificação de estado trófico de reservatórios - estudo de caso: reservatório de rio bonito (es).** 2011. 153f. Dissertação

(Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2011.

87. TRINDADE, P. B. C. B.; MENDONÇA, A. S. F. Eutrofização Em Reservatórios; Estudo de Caso: Reservatório de Rio Bonito (ES). **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 19, n. 3, p. 275–282, 2014.
88. TUNDISI, J. G. **Agua no século xxi: enfrentando a escassez**. São Carlos, SP: RiMa : Instituto Internacional de Ecologia, 2003.
89. TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.
90. VIANA, L. G.; DIAS, D. F. dos S.; OLIVEIRA, V. de P. S. de; MOREIRA, M. A. C. Water Quality Index (WQI) of the Lagoa Do Taí, São João Da Barra, RJ. **Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamago**, v. 7, n. 2, 2013. Disponível em: <<http://www.gnresearch.org/doi/10.5935/2177-4560.20130022>>. Acesso em: 3 set. 2015.
91. VOLLENWEIDER, R. A. Input-Output Models: With Special Reference to the Phosphorus Loading Concept in Limnology. **Schweizerische Zeitschrift für Hydrologie**, v. 37, n. 1, p. 53–84, 1975.
92. VOLLENWEIDER, R. A. Advances in defining critical loading levels for phosphorus in lake eutrophication. **Mem. Ist. Ital. Idrobiol**, v. 33, p. 53–83, 1976.
93. VOLLENWEIDER, R. A., R. A. **Scientific fundamentals of the eutrophication of lakes and flowing waters with particular reference to nitrogen and phosphorus as factors in eutrophication**. In: REP. Organization for Economic Cooperation and Development, DAS/CSI/68.27. Paris, 1968. .
94. VON SPERLING, E. **Uso de relações limnológicas para avaliação da qualidade da água em mananciais de abastecimento**. In: 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, João Pessoa, 2001.

95. VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: Departamento de engenharia sanitária e ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, v. 1, 2005.
96. VON SPERLING., M. **Estudos e modelagem da qualidade da água de rios**. 2. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2008.
97. WENGRAT, S.; BICUDO, D. de C. Spatial Evaluation of Water Quality in an Urban Reservoir (Billings Complex, Southeastern Brazil). **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 23, n. 2, p. 200–216, 2011.
98. XAVIER, C. da F. **Avaliação da influência do uso e ocupação do solo e de características geomorfológicas sobre a qualidade das águas de dois reservatórios da região metropolitana de Curitiba – Paraná**. 2005. 167f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.
99. YANG, J.; YU, X.; LIU, L.; ZHANG, W.; GUO, P. Algae Community and Trophic State of Subtropical Reservoirs in Southeast Fujian, China. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 19, n. 5, p. 1432–1442, 2012.
100. ZHAO, P.; TANG, X.; TANG, J.; WANG, C. Assessing Water Quality of Three Gorges Reservoir, China, Over a Five-Year Period From 2006 to 2011. **Water Resources Management**, v. 27, n. 13, p. 4545–4558, 2013.

APÊNDICE I

Reservatório Rio Bonito

Tabela 114 - Precipitações pluviométricas (mm) a montante do Reservatório Rio Bonito nos dias 14/10/2008 a 28/10/2008, dia da coleta de amostras

Data	Chuva (mm)
14/10/2008	2,8
15/10/2008	0
16/10/2008	0
17/10/2008	0
18/10/2008	0
19/10/2008	0
20/10/2008	13,9
21/10/2008	14,1
22/10/2008	3,7
23/10/2008	1,2
24/10/2008	0
25/10/2008	0
26/10/2008	0
27/10/2008	0
28/10/2008	0

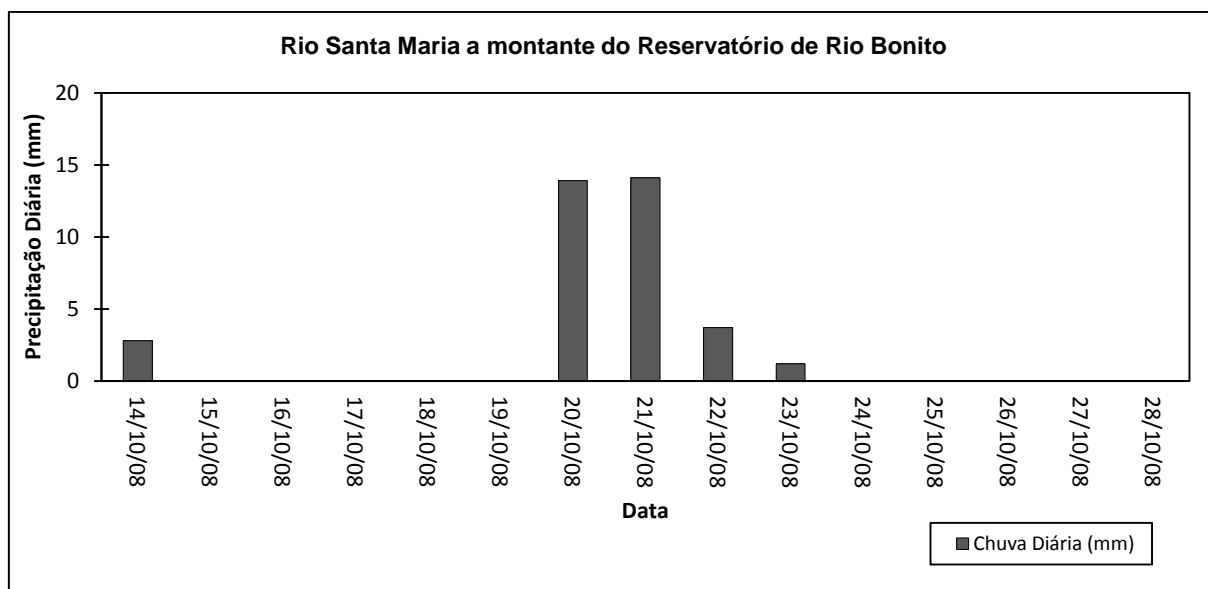


Figura 30 - Precipitações pluviométricas diárias (14/10/2008 a 28/10/2008)

Tabela 115 - Precipitações pluviométricas (mm) a montante do Reservatório Rio Bonito nos dias 23/11/2008 a 07/12/2008, dia da coleta de amostras

Data	Chuva (mm)
23/11/2008	16,2
24/11/2008	10,8
25/11/2008	10,8
26/11/2008	0,7
27/11/2008	0
28/11/2008	17,2
29/11/2008	12,2
30/11/2008	9
01/12/2008	22,1
02/12/2008	0
03/12/2008	0
04/12/2008	57,6
05/12/2008	0
06/12/2008	0,9
07/12/2008	0

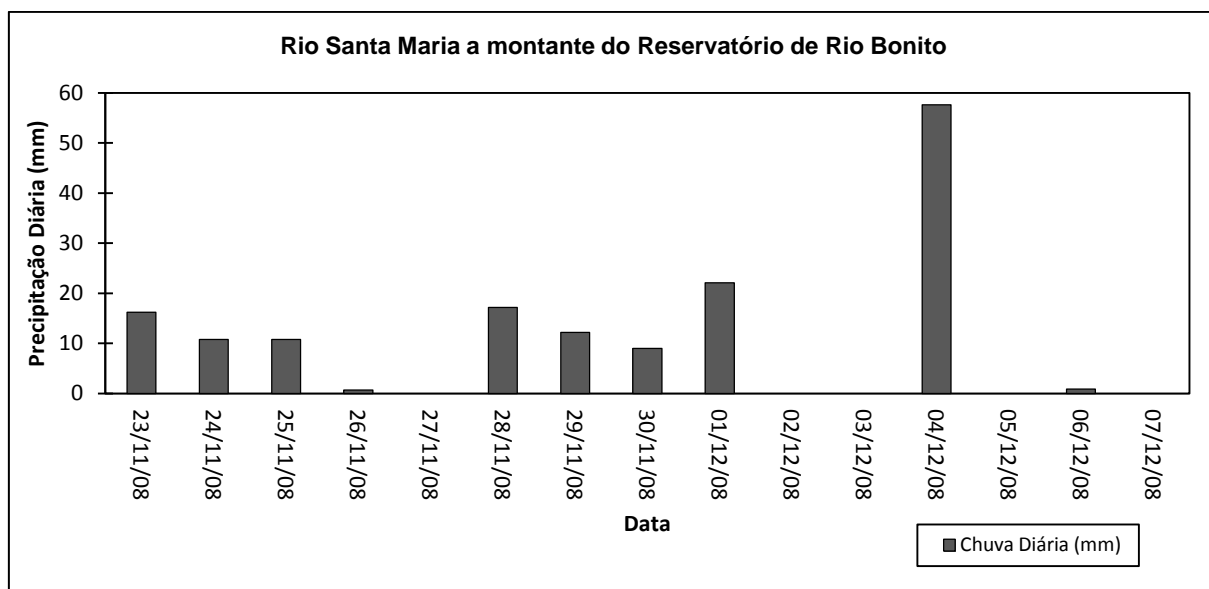


Figura 31 - Precipitações pluviométricas diárias (23/11/2008 a 07/12/2008)

Tabela 116 - Precipitações pluviométricas (mm) a montante do Reservatório Rio Bonito nos dias 14/02/2009 a 28/02/2009, dia da coleta de amostras

Data	Chuva (mm)
14/02/2009	0
15/02/2009	0
16/02/2009	0
17/02/2009	3,9
18/02/2009	0
19/02/2009	0,5
20/02/2009	0
21/02/2009	0
22/02/2009	7,6
23/02/2009	0
24/02/2009	0
25/02/2009	0
26/02/2009	0
27/02/2009	0
28/02/2009	0

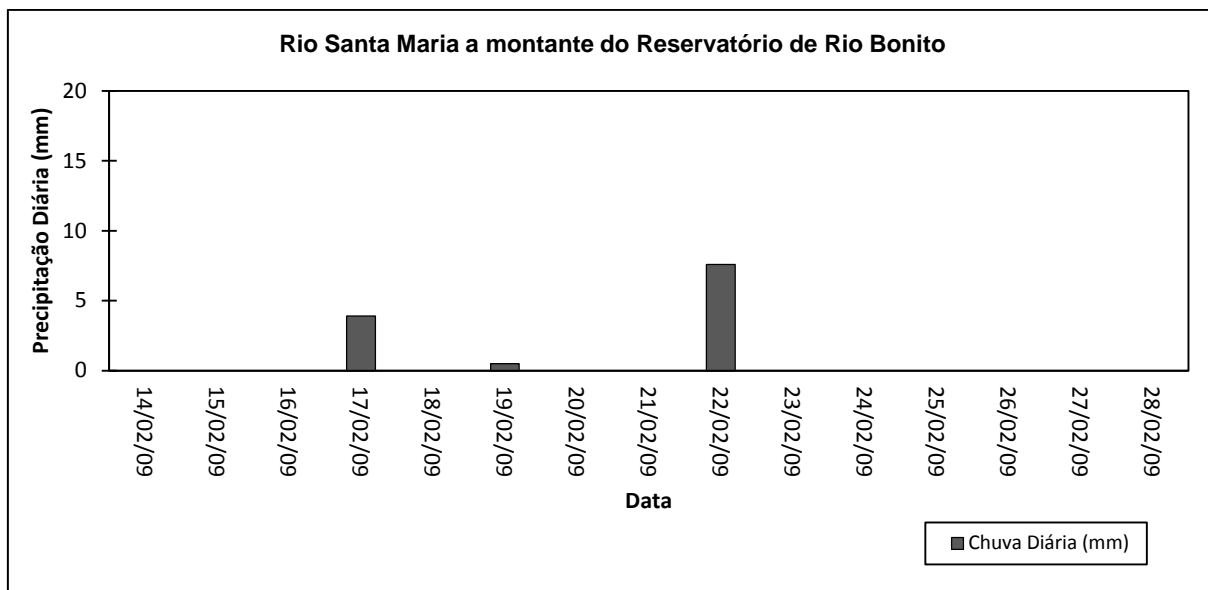


Figura 32 - Precipitações pluviométricas diárias (14/02/2009 a 28/02/2009)

Tabela 117 - Precipitações pluviométricas (mm) a montante do Reservatório Rio Bonito nos dias 21/03/2009 a 04/04/2009, dia da coleta de amostras

Data	Chuva (mm)
21/03/2009	0
22/03/2009	0
23/03/2009	5
24/03/2009	3,5
25/03/2009	41,4
26/03/2009	9,1
27/03/2009	0,4
28/03/2009	11,7
29/03/2009	3
30/03/2009	6
31/03/2009	0
01/04/2009	4
02/04/2009	13,7
03/04/2009	0
04/04/2009	0,4

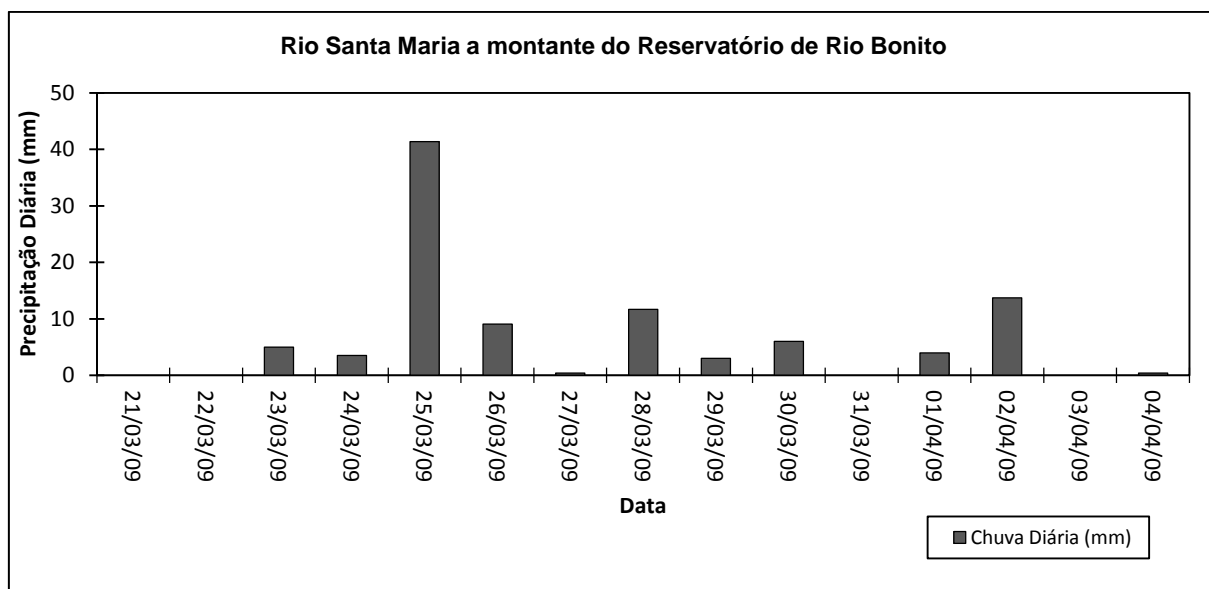


Figura 33 - Precipitações pluviométricas diárias (21/03/2009 a 04/04/2009)

Tabela 118 - Precipitações pluviométricas (mm) a montante do Reservatório Rio Bonito nos dias 22/05/2009 a 05/06/2009, dia da coleta de amostras

Data	Chuva (mm)
22/05/2009	0,5
23/05/2009	0
24/05/2009	0
25/05/2009	0
26/05/2009	0
27/05/2009	0
28/05/2009	0
29/05/2009	0
30/05/2009	0
31/05/2009	0
01/06/2009	0
02/06/2009	0
03/06/2009	15,6
04/06/2009	0
05/06/2009	0

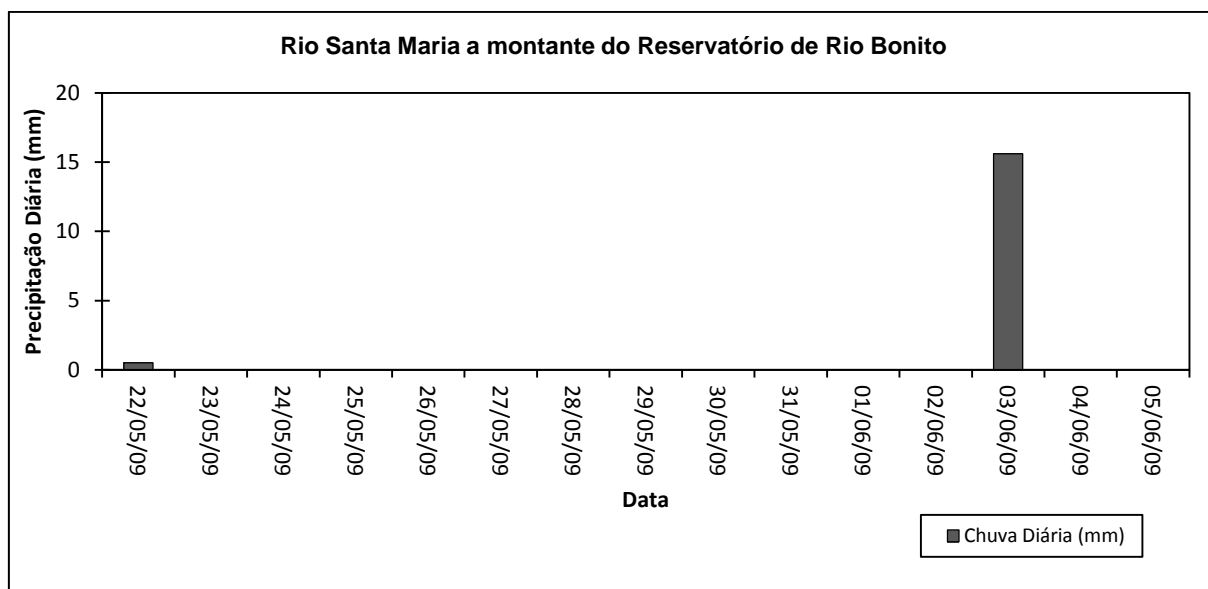


Figura 34 - Precipitações pluviométricas diárias (22/05/2009 a 05/06/2009)

Tabela 119 - Precipitações pluviométricas (mm) a montante do Reservatório Rio Bonito nos dias 24/07/2009 a 07/08/2009, dia da coleta de amostras

Data	Chuva (mm)
24/07/2009	0
25/07/2009	0
26/07/2009	0
27/07/2009	0
28/07/2009	0
29/07/2009	0
30/07/2009	0
31/07/2009	0
01/08/2009	0,3
02/08/2009	1,4
03/08/2009	0
04/08/2009	0
05/08/2009	0
06/08/2009	0
07/08/2009	0

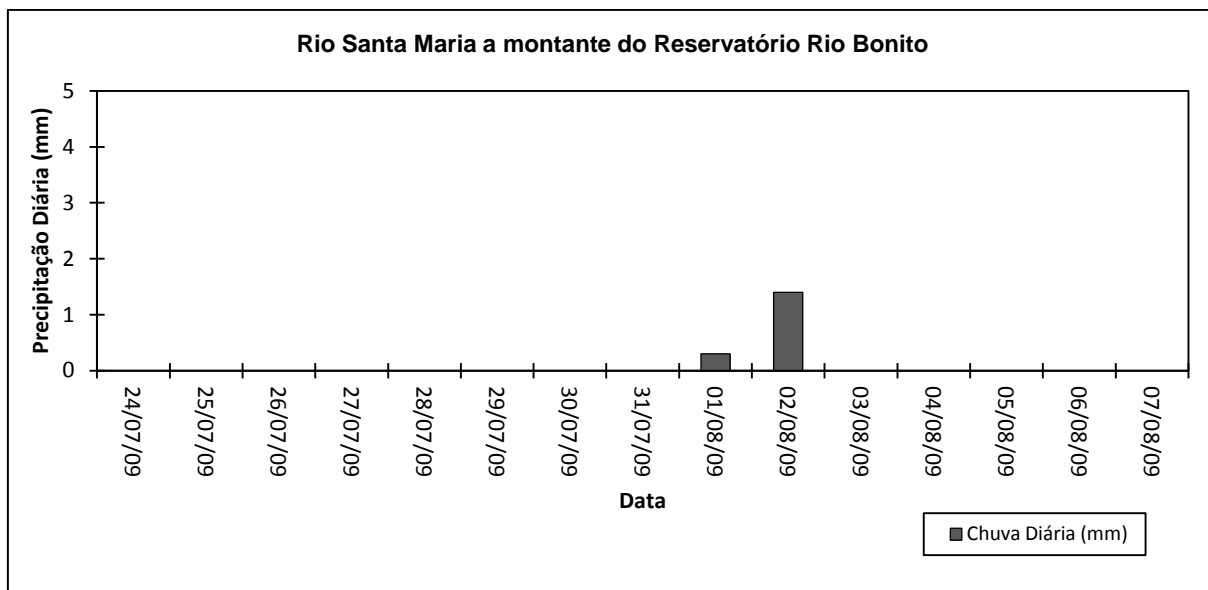


Figura 35 - Precipitações pluviométricas diárias (24/07/2009 a 07/08/2009)

Tabela 120 - Precipitações pluviométricas (mm) a montante do Reservatório Rio Bonito nos dias 28/10/2010 a 11/11/2010, dia da coleta de amostras

Data	Chuva (mm)
28/10/2010	0,2
29/10/2010	0
30/10/2010	0
31/10/2010	0
01/11/2010	1,5
02/11/2010	101,7
03/11/2010	8,8
04/11/2010	1,2
05/11/2010	0
06/11/2010	0
07/11/2010	51,6
08/11/2010	12,7
09/11/2010	0
10/11/2010	0,2
11/11/2010	0

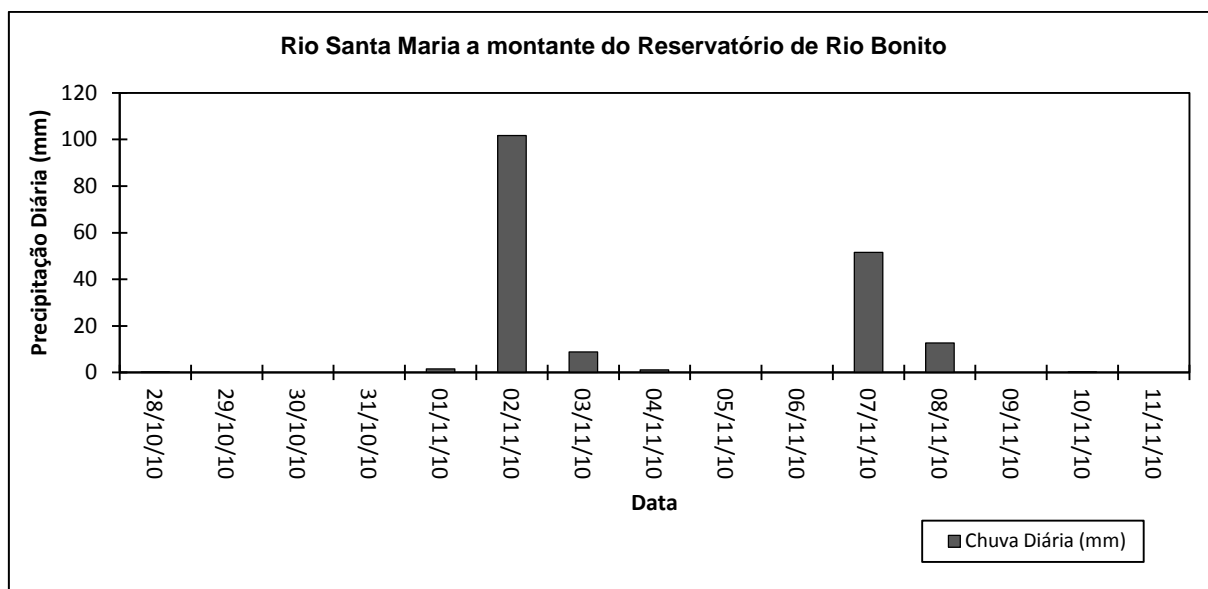


Figura 36 - Precipitações pluviométricas diárias (28/10/2010 a 11/11/2010)

Tabela 121 - Precipitações pluviométricas (mm) a montante do Reservatório Rio Bonito nos dias 08/02/2011 a 22/02/2011, dia da coleta de amostras

Data	Chuva (mm)
08/02/2011	0
09/02/2011	9,5
10/02/2011	0
11/02/2011	0
12/02/2011	0
13/02/2011	0
14/02/2011	0
15/02/2011	0
16/02/2011	0
17/02/2011	0
18/02/2011	0
19/02/2011	0
20/02/2011	0
21/02/2011	0
22/02/2011	0

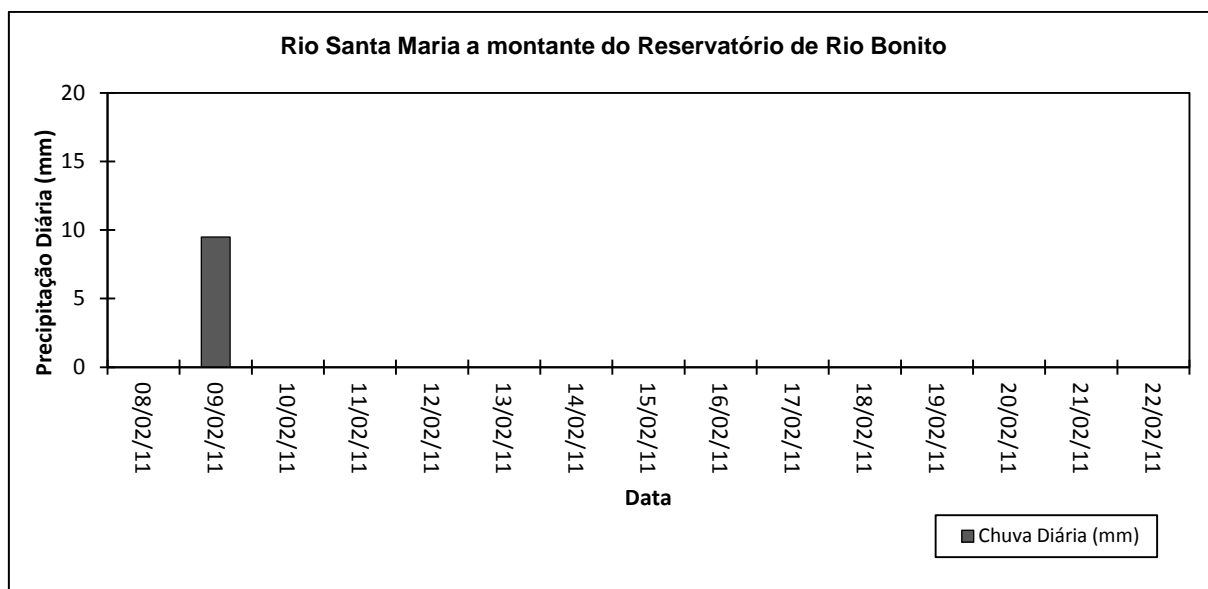


Figura 37 - Precipitações pluviométricas diárias (08/02/2011 a 22/02/2011)

Tabela 122 - Precipitações pluviométricas (mm) a montante do Reservatório Rio Bonito nos dias 03/05/2011 a 17/05/2011, dia da coleta de amostras

Data	Chuva (mm)
03/05/2011	0
04/05/2011	0
05/05/2011	0
06/05/2011	0
07/05/2011	0
08/05/2011	0
09/05/2011	0
10/05/2011	0
11/05/2011	1
12/05/2011	0
13/05/2011	0
14/05/2011	0
15/05/2011	0
16/05/2011	0
17/05/2011	0

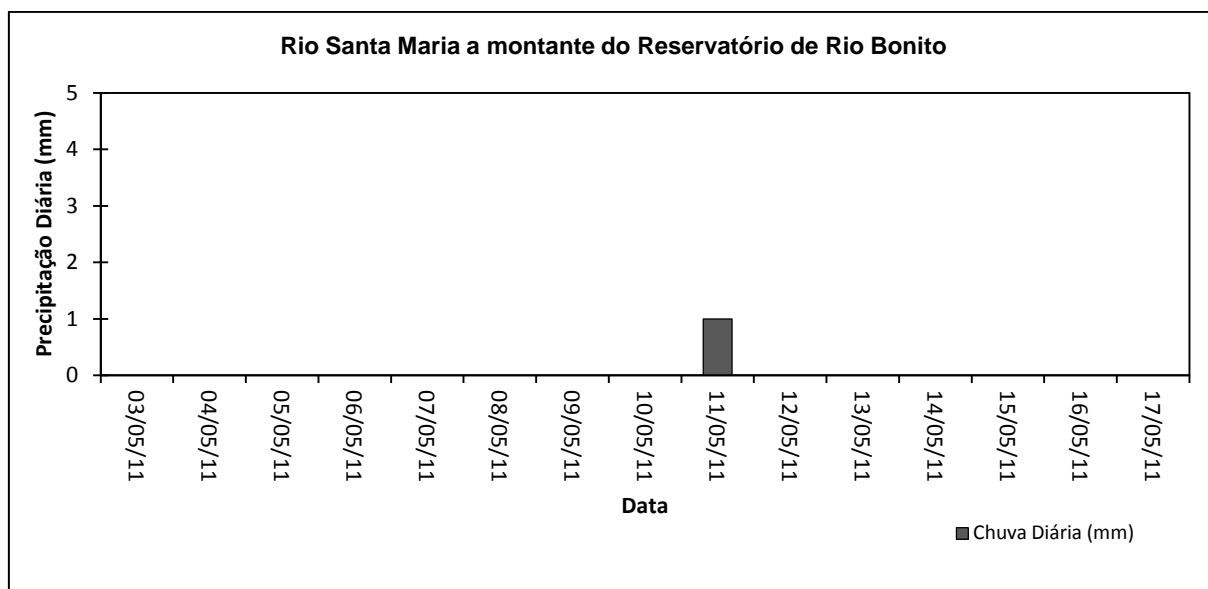


Figura 38 - Precipitações pluviométricas diárias (03/05/2011 a 17/05/2011)

Tabela 123 - Precipitações pluviométricas (mm) a montante do Reservatório Rio Bonito nos dias 09/08/2011 a 23/11/2011, dia da coleta de amostras

Data	Chuva (mm)
09/08/2011	0
10/08/2011	0
11/08/2011	0,3
12/08/2011	0
13/08/2011	0
14/08/2011	0
15/08/2011	0
16/08/2011	0
17/08/2011	0
18/08/2011	0
19/08/2011	0
20/08/2011	0
21/08/2011	0
22/08/2011	0
23/08/2011	0,2

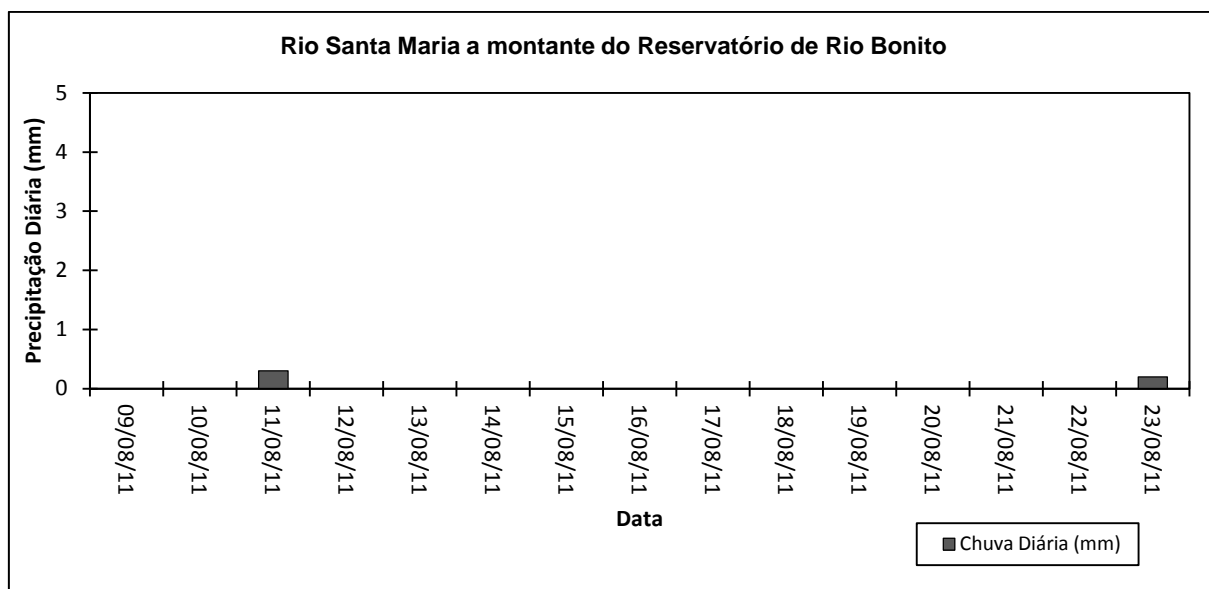


Figura 39 - Precipitações pluviométricas diárias (09/08/2011 a 23/08/2011)

Tabela 124 - Precipitações pluviométricas (mm) a montante do Reservatório Rio Bonito nos dias 12/10/2011 a 26/10/2011, dia da coleta de amostras

Data	Chuva (mm)
12/10/2011	1,1
13/10/2011	1,5
14/10/2011	3
15/10/2011	0
16/10/2011	10,3
17/10/2011	8,3
18/10/2011	24,3
19/10/2011	0
20/10/2011	0,7
21/10/2011	0,8
22/10/2011	4,9
23/10/2011	10,5
24/10/2011	14,3
25/10/2011	0,8
26/10/2011	3

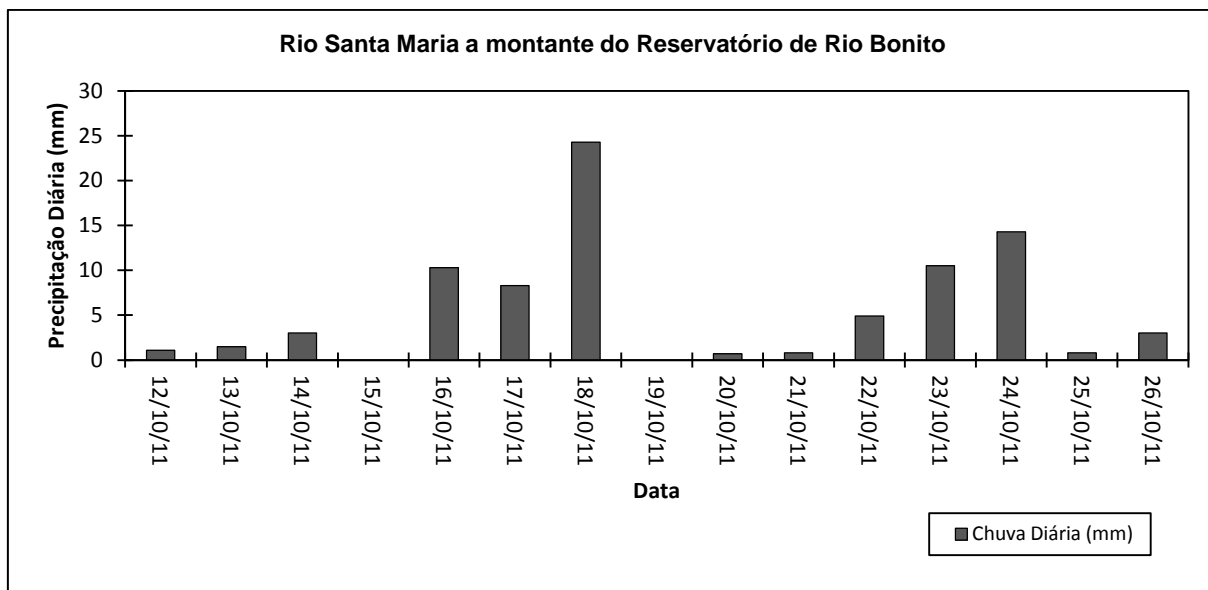


Figura 40 - Precipitações pluviométricas diárias (12/10/2011 a 26/10/2011)

Tabela 125 - Precipitações pluviométricas (mm) a montante do Reservatório Rio Bonito nos dias 14/02/2012 a 28/02/2012, dia da coleta de amostras

Data	Chuva (mm)
14/02/2012	2,9
15/02/2012	0
16/02/2012	11,1
17/02/2012	3,6
18/02/2012	0
19/02/2012	2,5
20/02/2012	0
21/02/2012	0,8
22/02/2012	3,6
23/02/2012	0
24/02/2012	0
25/02/2012	0
26/02/2012	0
27/02/2012	0
28/02/2012	0

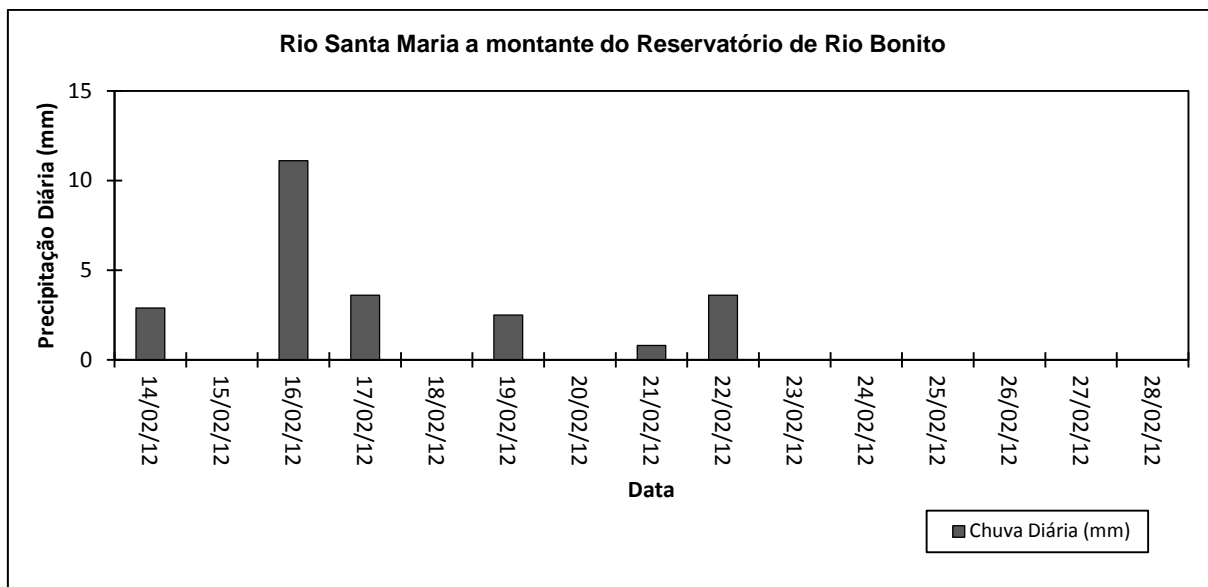


Figura 41 - Precipitações pluviométricas diárias (14/02/2012 a 28/02/2012)

Tabela 126 - Precipitações pluviométricas (mm) a montante do Reservatório Rio Bonito nos dias 15/05/2012 a 29/05/2012, dia da coleta de amostras

Data	Chuva (mm)
15/05/2012	6,6
16/05/2012	6,9
17/05/2012	4
18/05/2012	0,3
19/05/2012	0,6
20/05/2012	0,3
21/05/2012	0
22/05/2012	0,5
23/05/2012	0
24/05/2012	0,5
25/05/2012	0
26/05/2012	0
27/05/2012	0
28/05/2012	0
29/05/2012	0

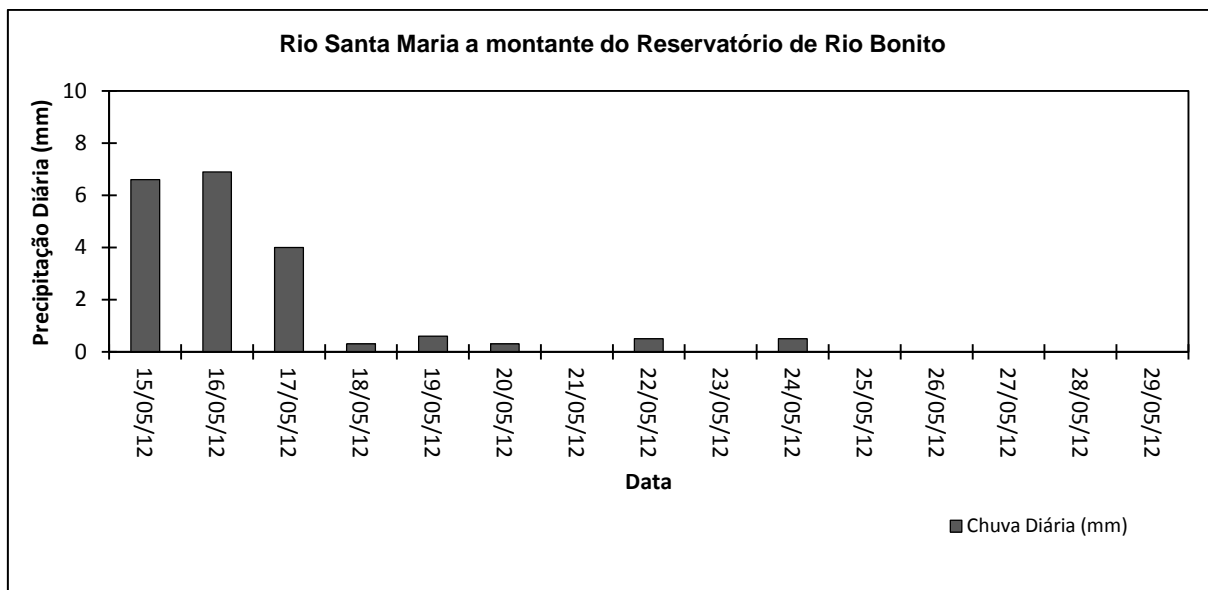


Figura 42 - Precipitações pluviométricas diárias (15/05/2012 a 29/05/2012)

Tabela 127 - Precipitações pluviométricas (mm) a montante do Reservatório Rio Bonito nos dias 07/08/2012 a 21/08/2012, dia da coleta de amostras

Data	Chuva (mm)
07/08/2012	0
08/08/2012	0
09/08/2012	0
10/08/2012	0
11/08/2012	0,3
12/08/2012	0
13/08/2012	0
14/08/2012	0
15/08/2012	0
16/08/2012	0
17/08/2012	0
18/08/2012	0
19/08/2012	0
20/08/2012	0
21/08/2012	0

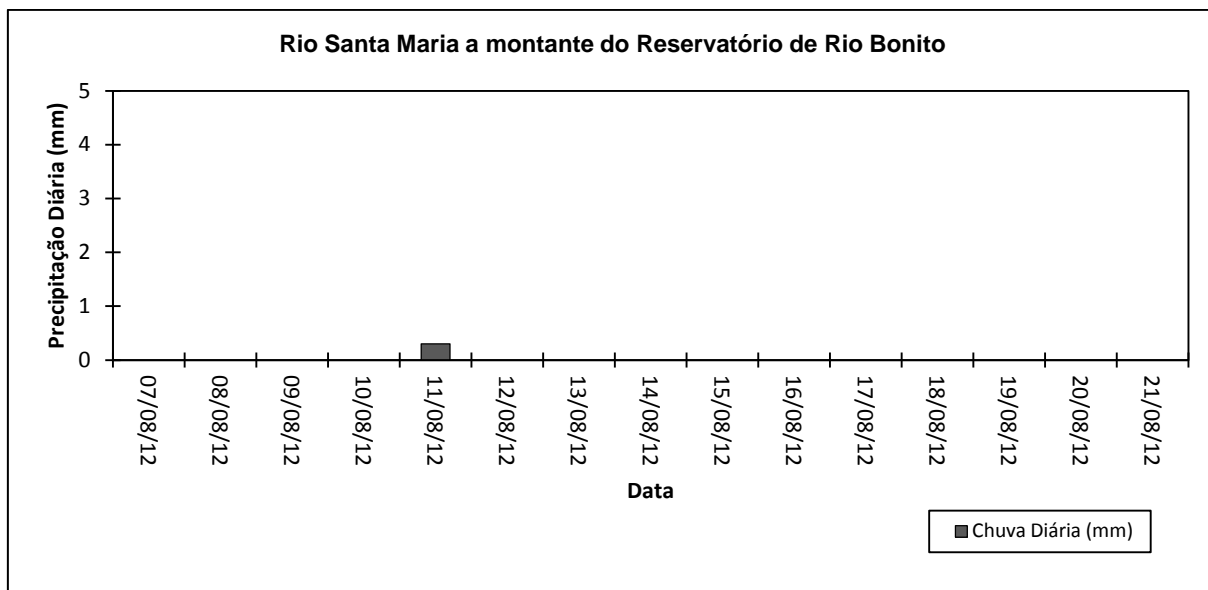


Figura 43 - Precipitações pluviométricas diárias (07/08/2012 a 21/08/2012)

Tabela 128 - Precipitações pluviométricas (mm) a montante do Reservatório Rio Bonito nos dias 10/04/2013 a 24/04/2013, dia da coleta de amostras

Data	Chuva (mm)
10/04/2013	5,8
11/04/2013	0
12/04/2013	0
13/04/2013	0
14/04/2013	0
15/04/2013	0
16/04/2013	0
17/04/2013	0
18/04/2013	0
19/04/2013	0
20/04/2013	0
21/04/2013	0
22/04/2013	0
23/04/2013	0
24/04/2013	0

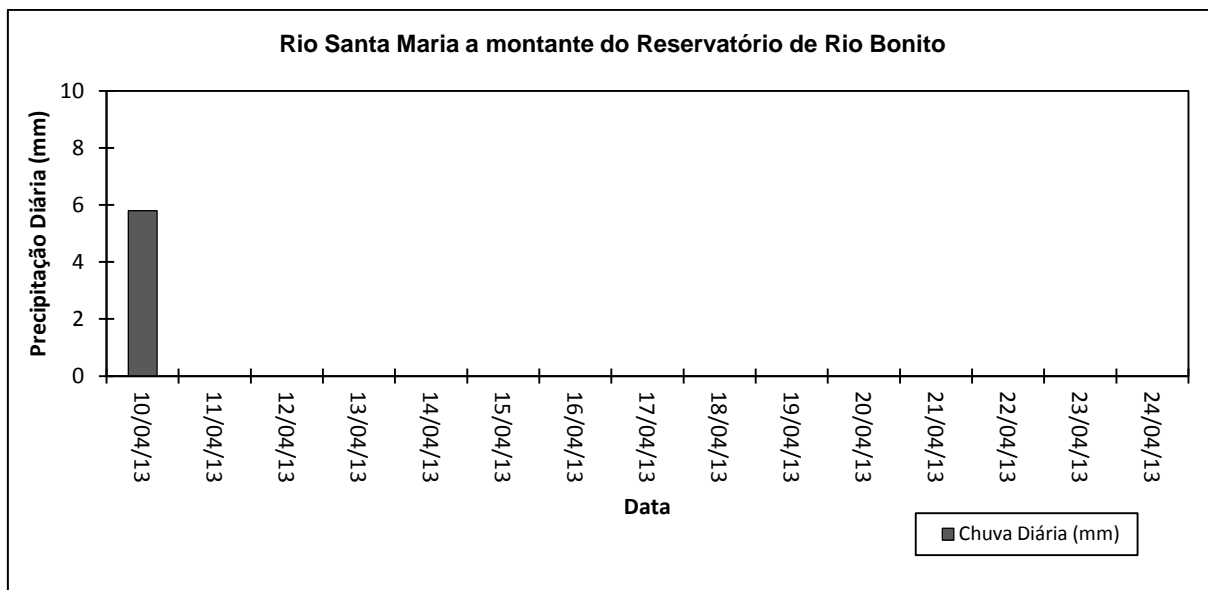


Figura 44 - Precipitações pluviométricas diárias (10/04/2013 a 24/04/2013)

Tabela 129 - Precipitações pluviométricas (mm) a montante do Reservatório Rio Bonito nos dias 21/06/2013 a 05/07/2013, dia da coleta de amostras

Data	Chuva (mm)
21/06/2013	0
22/06/2013	0
23/06/2013	0
24/06/2013	0,4
25/06/2013	1,2
26/06/2013	0
27/06/2013	0
28/06/2013	0
29/06/2013	0
30/06/2013	0
01/07/2013	0
02/07/2013	0
03/07/2013	0
04/07/2013	0,5
05/07/2013	0

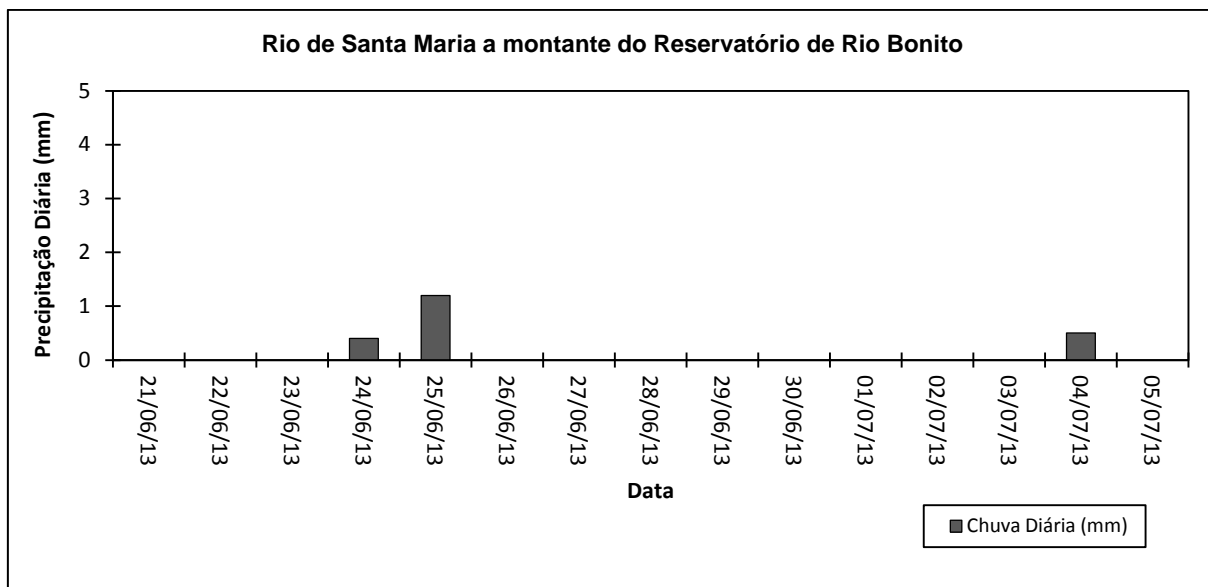


Figura 45 - Precipitações pluviométricas diárias (21/06/2013 a 05/07/2013)

Tabela 130 - Precipitações pluviométricas (mm) a montante do Reservatório Rio Bonito nos dias 04/10/2013 a 18/10/2013, dia da coleta de amostras

Data	Chuva (mm)
04/10/2013	0
05/10/2013	9,4
06/10/2013	6,3
07/10/2013	0,1
08/10/2013	5,8
09/10/2013	16,8
10/10/2013	1,6
11/10/2013	0
12/10/2013	2,2
13/10/2013	1,4
14/10/2013	1,5
15/10/2013	0,2
16/10/2013	0
17/10/2013	0
18/10/2013	3,3

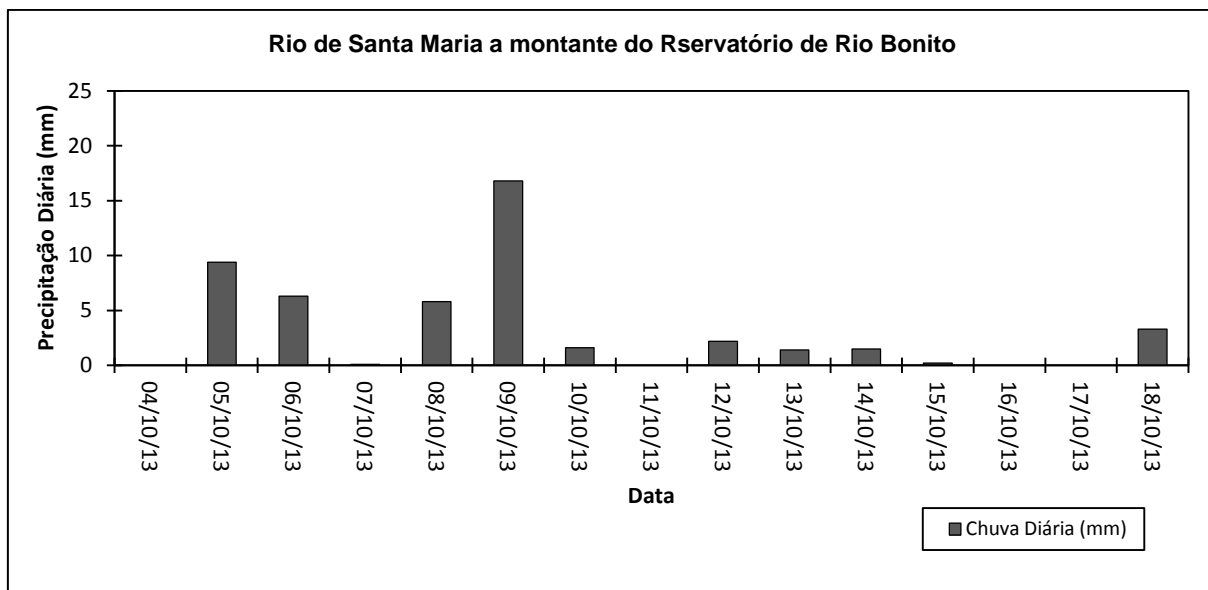


Figura 46 - Precipitações pluviométricas diárias (04/10/2013 a 18/10/2013)

Tabela 131 - Precipitações pluviométricas (mm) a montante do Reservatório Rio Bonito nos dias 01/01/2014 a 15/01/2014, dia da coleta de amostras

Data	Chuva (mm)
01/01/2014	0
02/01/2014	0
03/01/2014	0
04/01/2014	0
05/01/2014	0
06/01/2014	0
07/01/2014	0
08/01/2014	0
09/01/2014	0
10/01/2014	0
11/01/2014	0
12/01/2014	0
13/01/2014	0
14/01/2014	0
15/01/2014	0

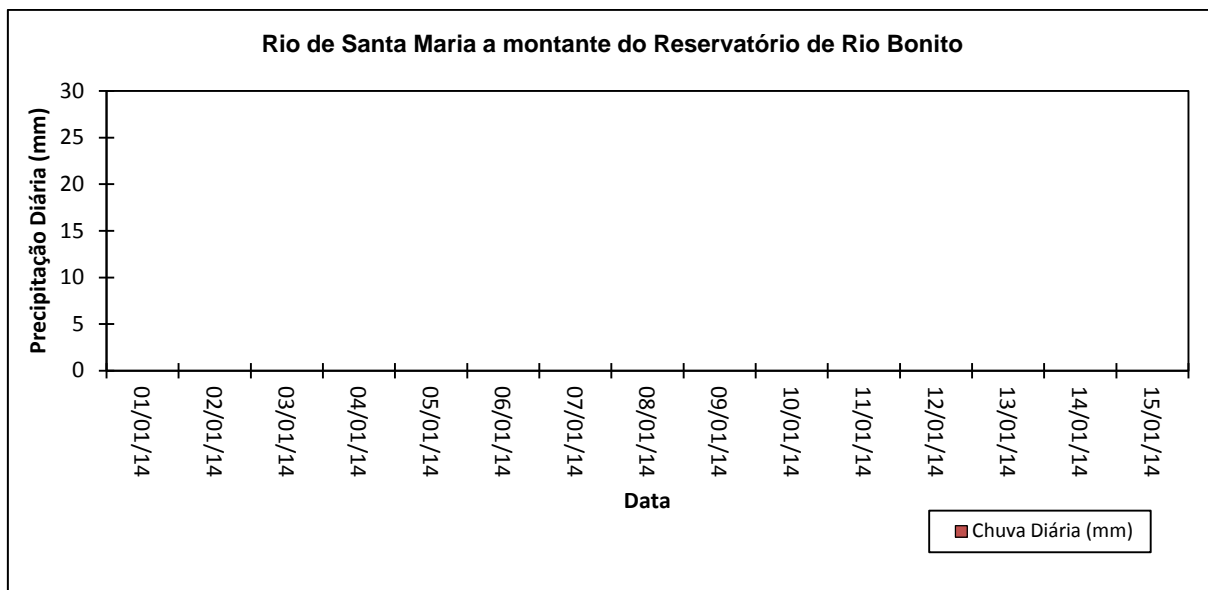


Figura 47 - Precipitações pluviométricas diárias (01/01/2014 a 15/01/2014)

Tabela 132 - Precipitações pluviométricas (mm) a montante do Reservatório Rio Bonito nos dias 10/04/2014 a 24/04/2014, dia da coleta de amostras

Data	Chuva (mm)
10/04/2014	0
11/04/2014	7,7
12/04/2014	0
13/04/2014	0
14/04/2014	0
15/04/2014	0
16/04/2014	0
17/04/2014	0,8
18/04/2014	0
19/04/2014	2
20/04/2014	0
21/04/2014	1
22/04/2014	3,2
23/04/2014	0
24/04/2014	0

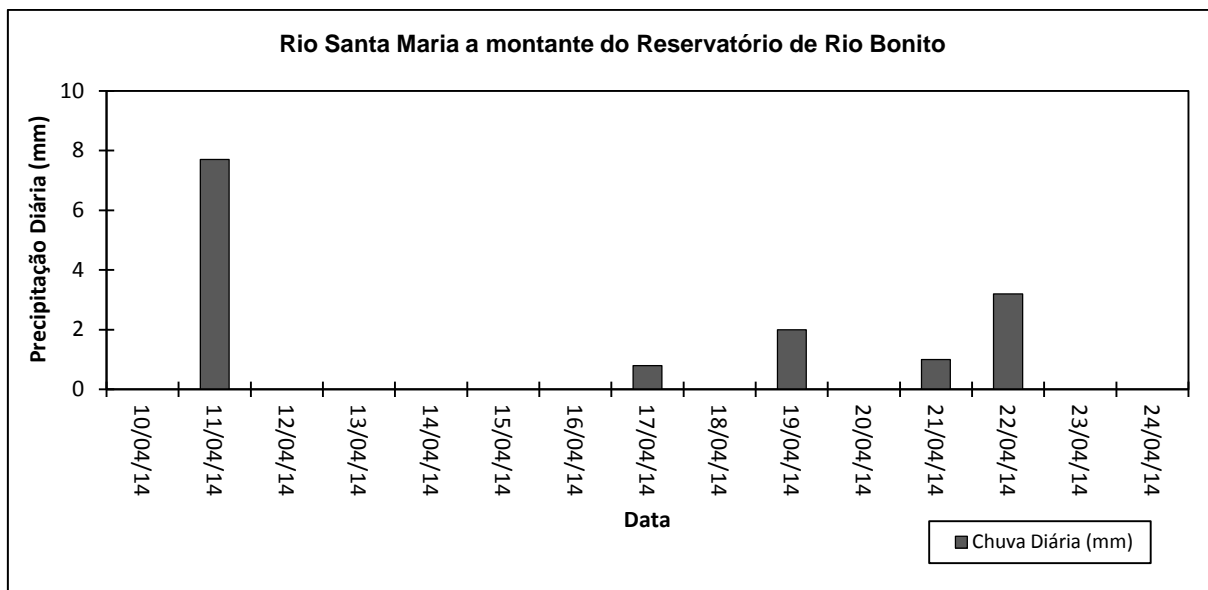


Figura 48 - Precipitações pluviométricas diárias (10/04/2014 a 24/04/2014)

Tabela 133 - Precipitações pluviométricas (mm) a montante do Reservatório Rio Bonito nos dias 20/06/2014 a 04/07/2014, dia da coleta de amostras

Data	Chuva (mm)
20/06/2014	0
21/06/2014	0
22/06/2014	0
23/06/2014	0
24/06/2014	0
25/06/2014	0
26/06/2014	0
27/06/2014	0
28/06/2014	0
29/06/2014	0,1
30/06/2014	4,5
01/07/2014	0
02/07/2014	0
03/07/2014	0
04/07/2014	0

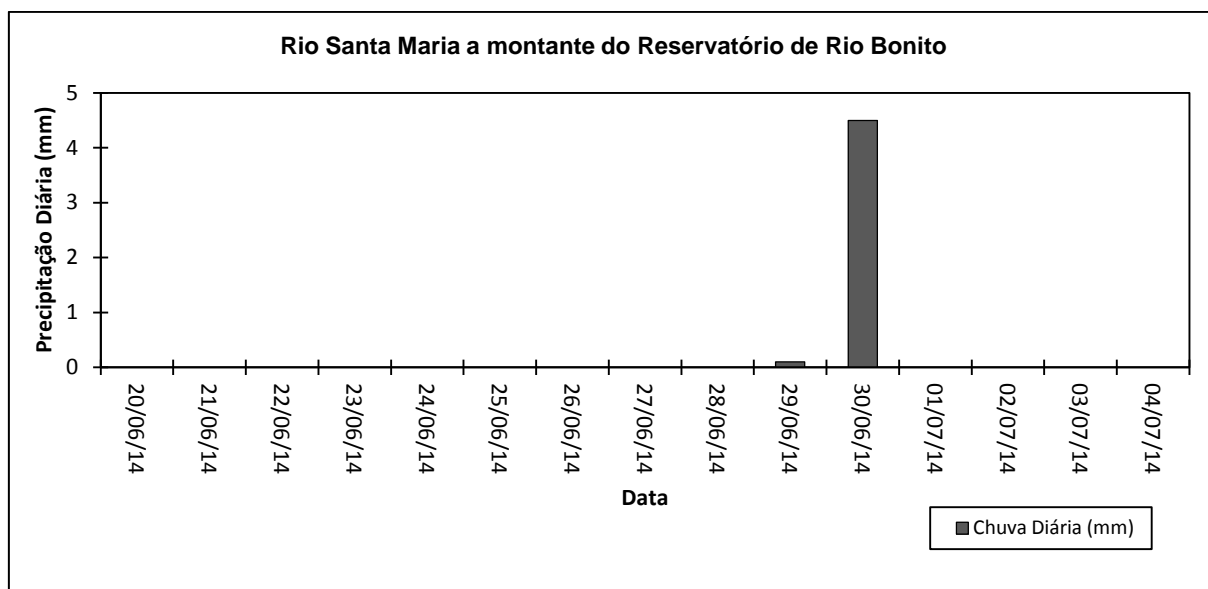


Figura 49 - Precipitações pluviométricas diárias (20/06/2014 a 04/07/2014)

Reservatório Suíça

Tabela 134 - Precipitações pluviométricas (mm) a montante do Reservatório Suíça nos dias 14/10/2008 a 28/10/2008, dia da coleta de amostras

Data	Chuva (mm)
14/10/2008	1,40
15/10/2008	0,00
16/10/2008	0,00
17/10/2008	0,00
18/10/2008	0,00
19/10/2008	0,00
20/10/2008	4,50
21/10/2008	32,20
22/10/2008	17,90
23/10/2008	4,80
24/10/2008	0,00
25/10/2008	0,00
26/10/2008	0,00
27/10/2008	0,00
28/10/2008	0,00

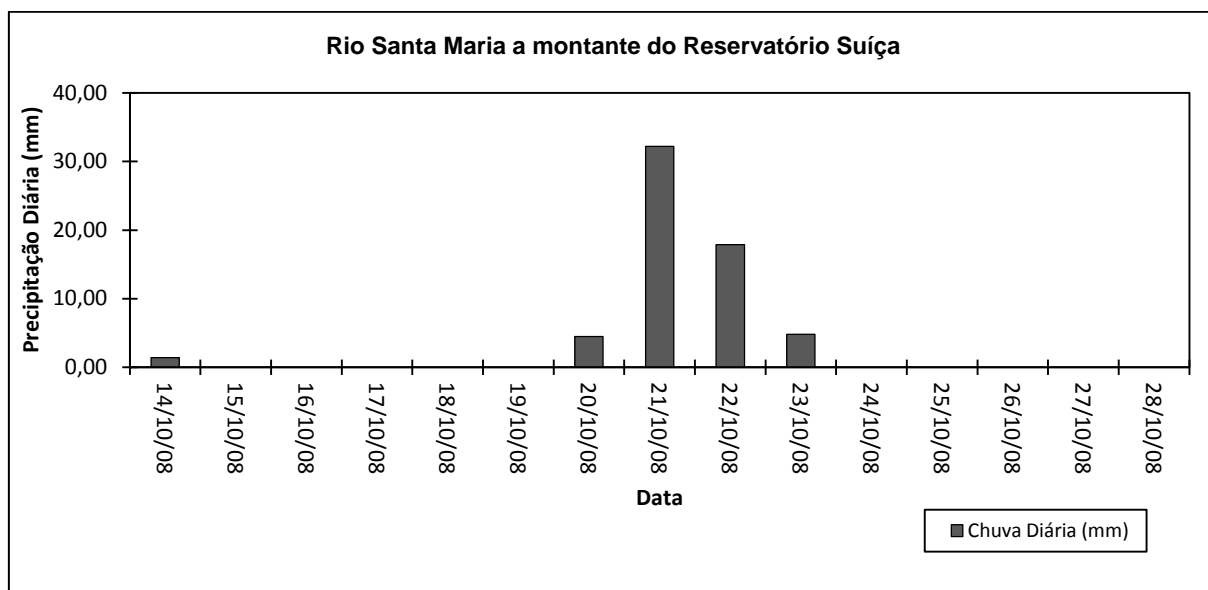


Figura 50 - Precipitações pluviométricas diárias (14/10/2008 a 28/10/2008)

Tabela 135 - Precipitações pluviométricas (mm) a montante do Reservatório Suíça nos dias 23/11/2008 a 07/12/2008, dia da coleta de amostras

Data	Chuva (mm)
23/11/2008	16,2
24/11/2008	46,8
25/11/2008	72,1
26/11/2008	24,1
27/11/2008	0,4
28/11/2008	54,7
29/11/2008	35,2
30/11/2008	14,5
01/12/2008	8,8
02/12/2008	0,3
03/12/2008	3,5
04/12/2008	22,5
05/12/2008	0,3
06/12/2008	2,1
07/12/2008	0

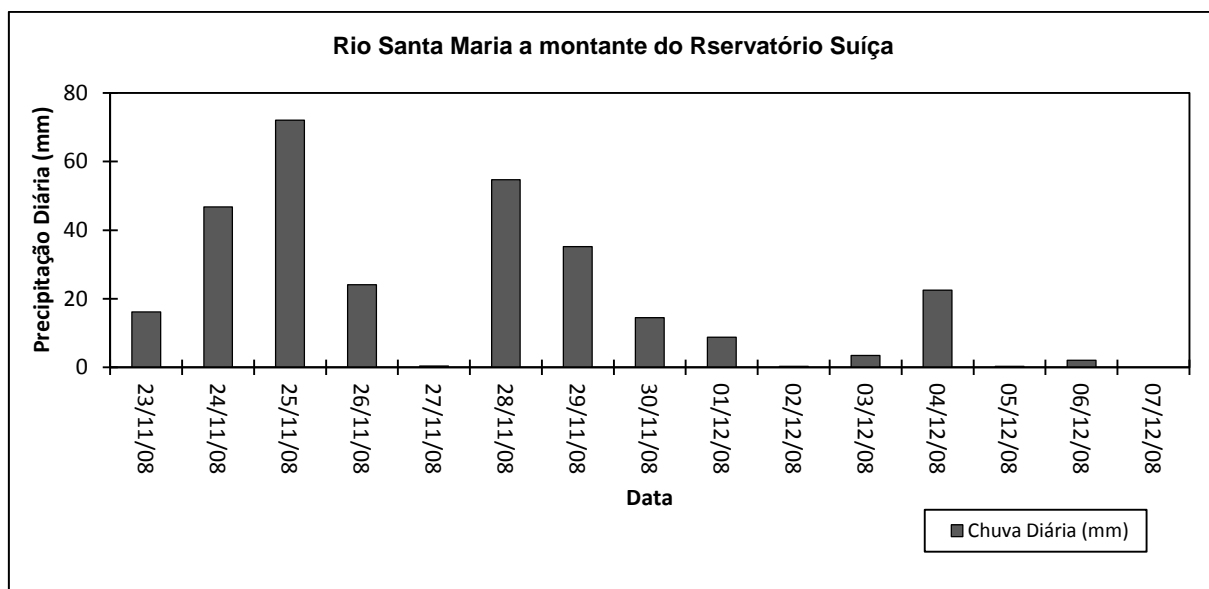


Figura 51 - Precipitações pluviométricas diárias (23/11/2008 a 07/12/2008)

Tabela 136 - Precipitações pluviométricas (mm) a montante do Reservatório Suíça nos dias 14/02/2009 a 28/02/2009, dia da coleta de amostras

Data	Chuva (mm)
14/02/2009	0
15/02/2009	0,5
16/02/2009	0
17/02/2009	6,2
18/02/2009	8,1
19/02/2009	6,7
20/02/2009	5,5
21/02/2009	3,8
22/02/2009	0
23/02/2009	0
24/02/2009	0
25/02/2009	0
26/02/2009	3,7
27/02/2009	0
28/02/2009	0

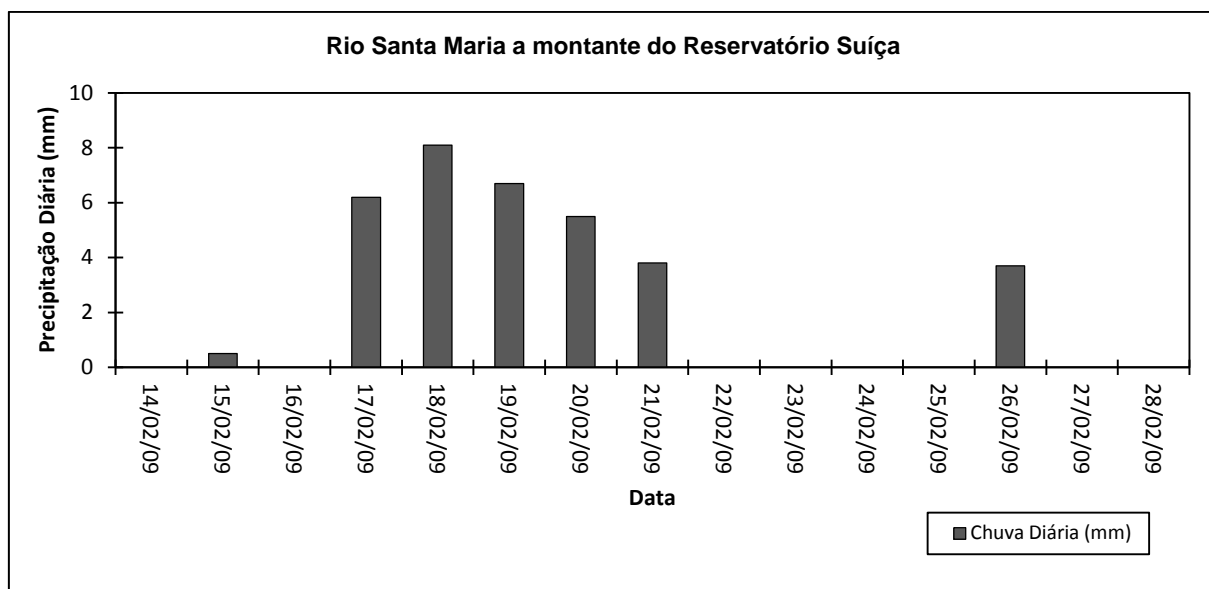


Figura 52 - Precipitações pluviométricas diárias (14/02/2009 a 28/02/2009)

Tabela 137 - Precipitações pluviométricas (mm) a montante do Reservatório Suíça nos dias 22/03/2009 a 05/04/2009, dia da coleta de amostras

Data	Chuva (mm)
22/03/2009	0
23/03/2009	12,4
24/03/2009	1,3
25/03/2009	20,7
26/03/2009	16,9
27/03/2009	3,2
28/03/2009	1,2
29/03/2009	0
30/03/2009	2
31/03/2009	8,2
01/04/2009	8,1
02/04/2009	31
03/04/2009	0
04/04/2009	3,1
05/04/2009	14,9

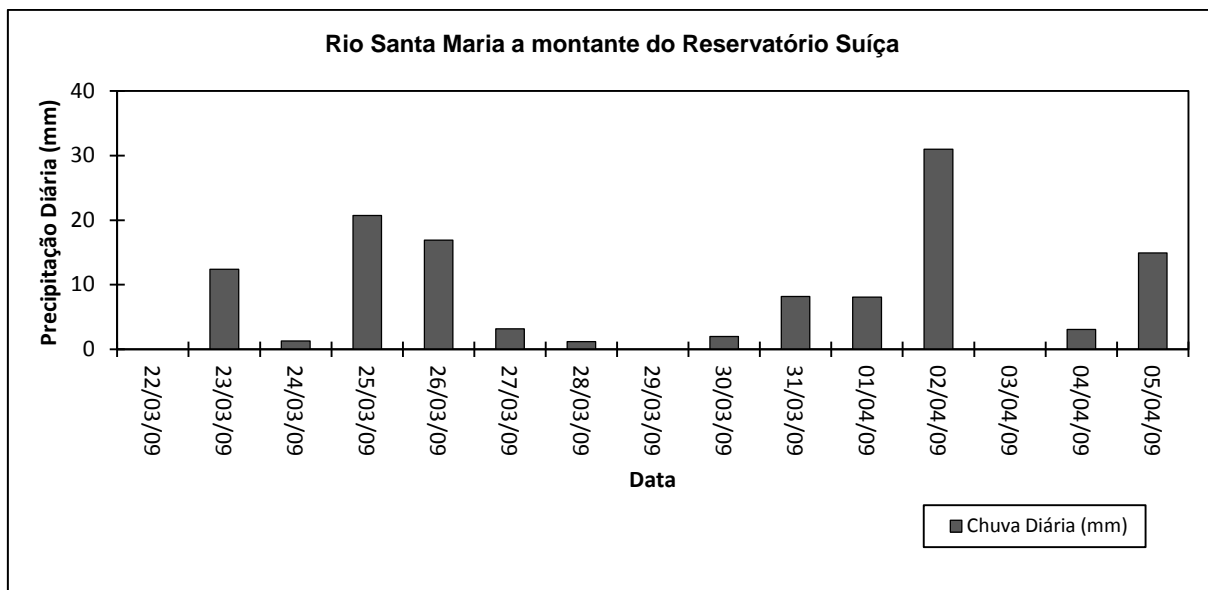


Figura 53 - Precipitações pluviométricas diárias (22/03/2009 a 05/04/2009)

Tabela 138 - Precipitações pluviométricas (mm) a montante do Reservatório Suíça nos dias 23/05/2009 a 06/06/2009, dia da coleta de amostras

Data	Chuva (mm)
23/05/2009	0
24/05/2009	0
25/05/2009	0
26/05/2009	0
27/05/2009	0
28/05/2009	0
29/05/2009	0
30/05/2009	0
31/05/2009	0
01/06/2009	0
02/06/2009	0
03/06/2009	24,3
04/06/2009	0
05/06/2009	0
06/06/2009	0

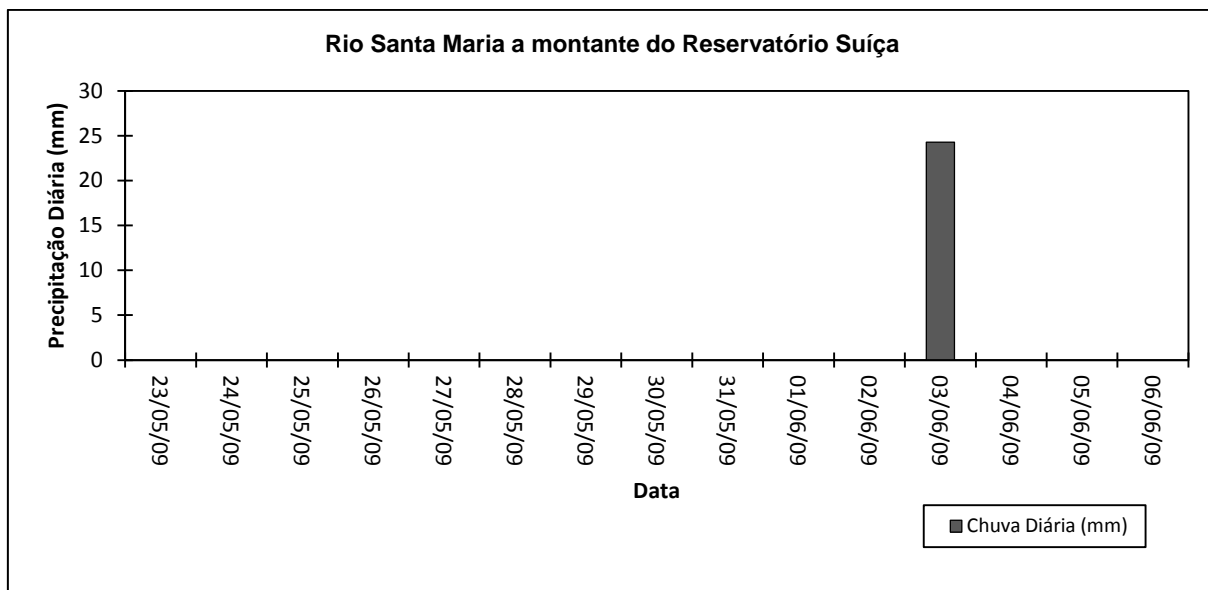


Figura 54 - Precipitações pluviométricas diárias (23/05/2009 a 06/06/2009)

Tabela 139 - Precipitações pluviométricas (mm) a montante do Reservatório Suíça nos dias 24/07/2009 a 07/08/2009, dia da coleta de amostras

Data	Chuva (mm)
24/07/2009	0
25/07/2009	0
26/07/2009	0
27/07/2009	0
28/07/2009	0
29/07/2009	0
30/07/2009	0
31/07/2009	0
01/08/2009	4,1
02/08/2009	2,5
03/08/2009	0
04/08/2009	0
05/08/2009	0
06/08/2009	0
07/08/2009	0

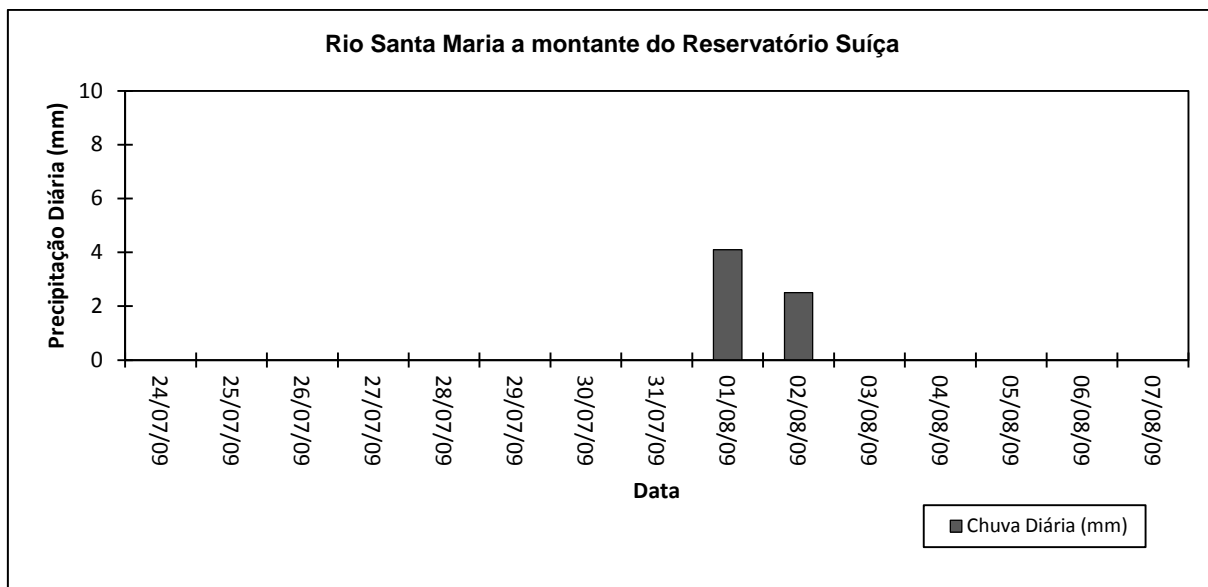


Figura 55 - Precipitações pluviométricas diárias (24/07/2009 a 07/08/2009)

Tabela 140 - Precipitações pluviométricas (mm) a montante do Reservatório Suíça nos dias 26/10/2010 a 09/11/2010, dia da coleta de amostras

Data	Chuva (mm)
26/10/2010	0
27/10/2010	24,1
28/10/2010	0
29/10/2010	0
30/10/2010	0
31/10/2010	0
01/11/2010	91
02/11/2010	88,5
03/11/2010	58
04/11/2010	0,7
05/11/2010	0
06/11/2010	0
07/11/2010	55
08/11/2010	2,4
09/11/2010	0

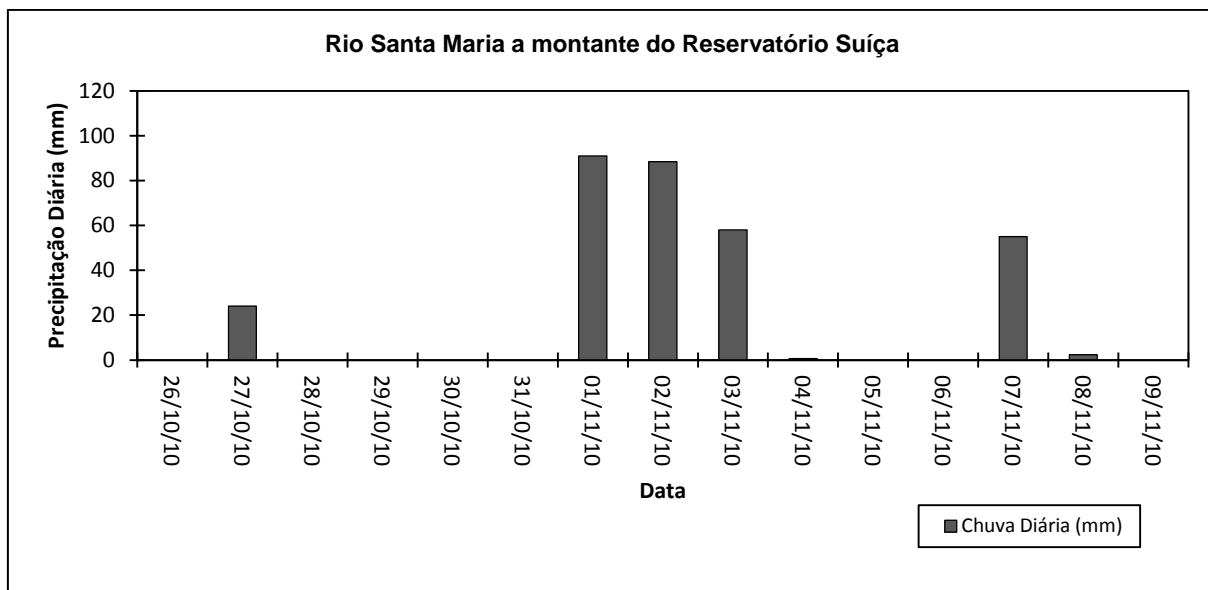


Figura 56 - Precipitações pluviométricas diárias (26/10/2010 a 09/11/2010)

Tabela 141 - Precipitações pluviométricas (mm) a montante do Reservatório Suíça nos dias 08/02/2011 a 22/02/2011, dia da coleta de amostras

Data	Chuva (mm)
08/02/2011	2
09/02/2011	0
10/02/2011	0
11/02/2011	0
12/02/2011	0
13/02/2011	0
14/02/2011	0
15/02/2011	0
16/02/2011	0
17/02/2011	3,7
18/02/2011	1,6
19/02/2011	0
20/02/2011	0
21/02/2011	0
22/02/2011	0

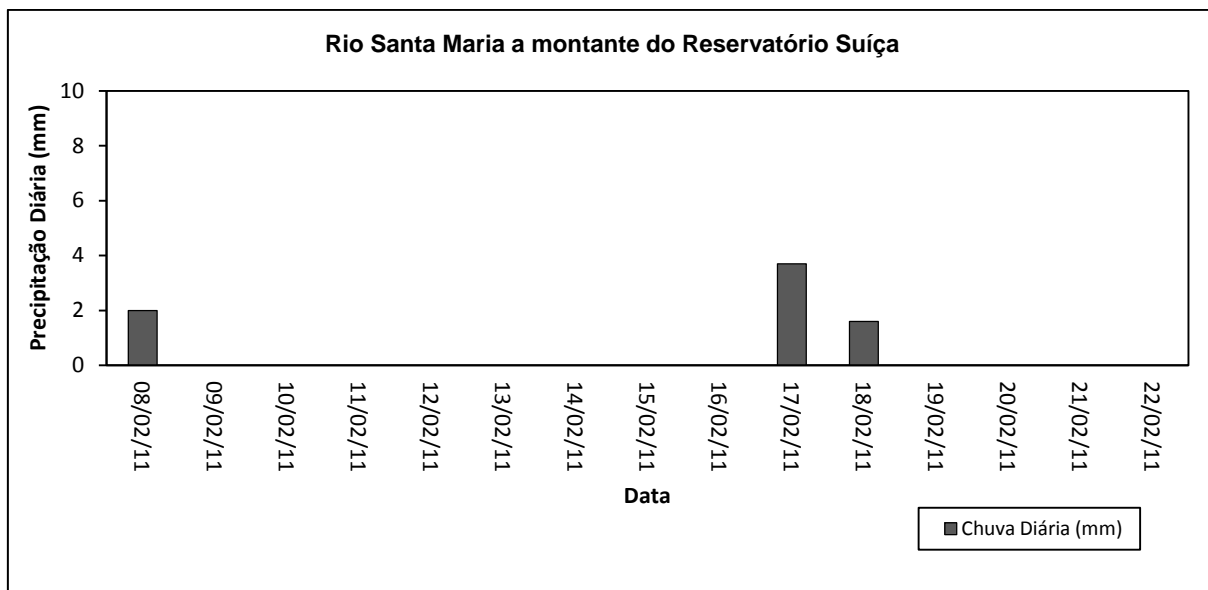


Figura 57 - Precipitações pluviométricas diárias (08/02/2011 a 22/02/2011)

Tabela 142 - Precipitações pluviométricas (mm) a montante do Reservatório Suíça nos dias 03/05/2011 a 17/05/2011, dia da coleta de amostras

Data	Chuva (mm)
03/05/2011	0
04/05/2011	0
05/05/2011	0
06/05/2011	0
07/05/2011	0
08/05/2011	0
09/05/2011	0
10/05/2011	0
11/05/2011	2,8
12/05/2011	0
13/05/2011	0
14/05/2011	0
15/05/2011	0
16/05/2011	0
17/05/2011	0

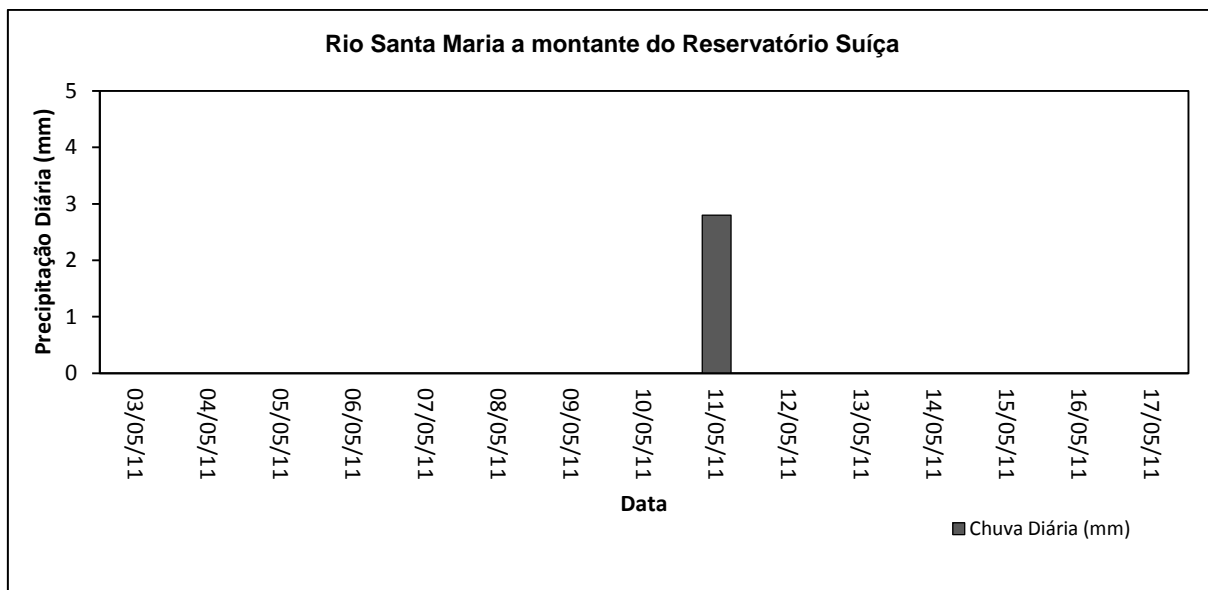


Figura 58 - Precipitações pluviométricas diárias (03/05/2011 a 17/05/2011)

Tabela 143 - Precipitações pluviométricas (mm) a montante do Reservatório Suíça nos dias 09/08/2011 a 23/08/2011, dia da coleta de amostras

Data	Chuva (mm)
09/08/2011	0
10/08/2011	0
11/08/2011	0,8
12/08/2011	2,8
13/08/2011	0
14/08/2011	0
15/08/2011	0
16/08/2011	0
17/08/2011	0
18/08/2011	0
19/08/2011	0
20/08/2011	0
21/08/2011	0
22/08/2011	0
23/08/2011	1,9

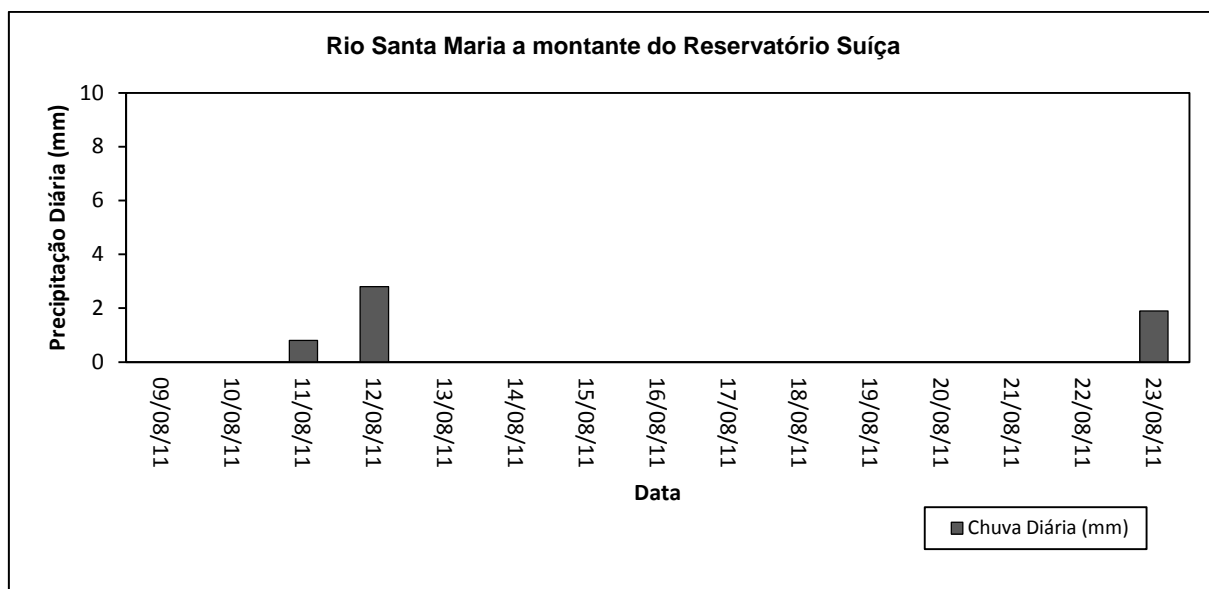


Figura 59 - Precipitações pluviométricas diárias (09/08/2011 a 23/08/2011)

Tabela 144 - Precipitações pluviométricas (mm) a montante do Reservatório Suíça nos dias 12/10/2011 a 26/10/2011, dia da coleta de amostras

Data	Chuva (mm)
12/10/2011	6,7
13/10/2011	4,5
14/10/2011	0,4
15/10/2011	0
16/10/2011	4,9
17/10/2011	19,8
18/10/2011	15,9
19/10/2011	0
20/10/2011	3
21/10/2011	0,6
22/10/2011	13,2
23/10/2011	42,5
24/10/2011	9,4
25/10/2011	0
26/10/2011	0,3

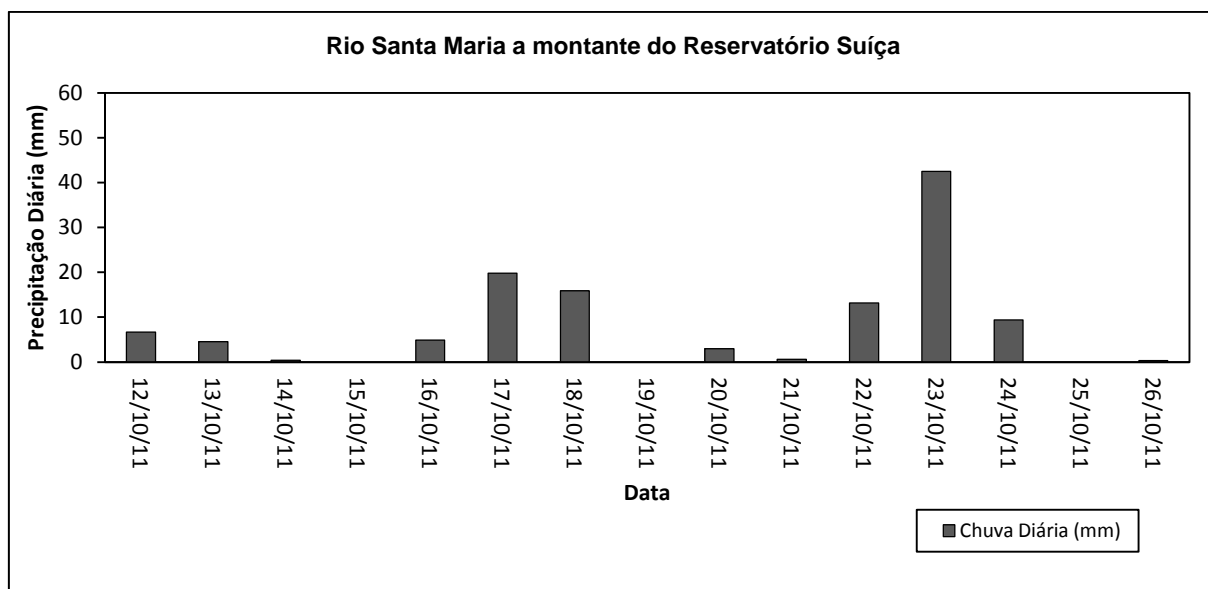


Figura 60 - Precipitações pluviométricas diárias (12/10/2011 a 26/10/2011)

Tabela 145 - Precipitações pluviométricas (mm) a montante do Reservatório Suíça nos dias 13/02/2012 a 27/02/2012, dia da coleta de amostras

Data	Vazão (m ³ /s)	Chuva (mm)
13/02/2012	17,83	0
14/02/2012	17,32	4,8
15/02/2012	19,09	14,8
16/02/2012	21,26	10,3
17/02/2012	21,49	24,2
18/02/2012	20,06	6,5
19/02/2012	17,94	0,3
20/02/2012	16,21	0
21/02/2012	19,52	3,1
22/02/2012	19,31	0
23/02/2012	18,35	0
24/02/2012	16,81	0
25/02/2012	18,46	0
26/02/2012	18,56	0
27/02/2012	17,42	0

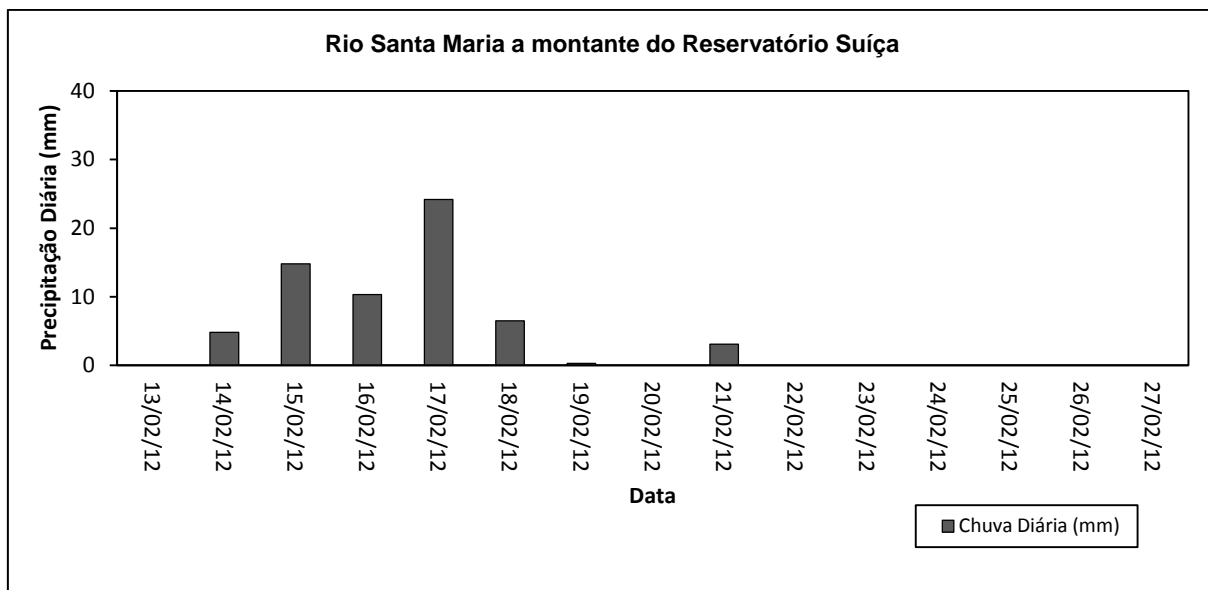


Figura 61 - Precipitações pluviométricas diárias (13/02/2012 a 27/02/2012)

Tabela 146 - Precipitações pluviométricas (mm) a montante do Reservatório Suíça nos dias 15/05/2012 a 29/05/2012, dia da coleta de amostras

Data	Chuva (mm)
15/05/2012	4,1
16/05/2012	3,7
17/05/2012	0,3
18/05/2012	0
19/05/2012	2,5
20/05/2012	2,4
21/05/2012	0
22/05/2012	1,9
23/05/2012	1,1
24/05/2012	3,1
25/05/2012	0
26/05/2012	0
27/05/2012	0
28/05/2012	0
29/05/2012	0

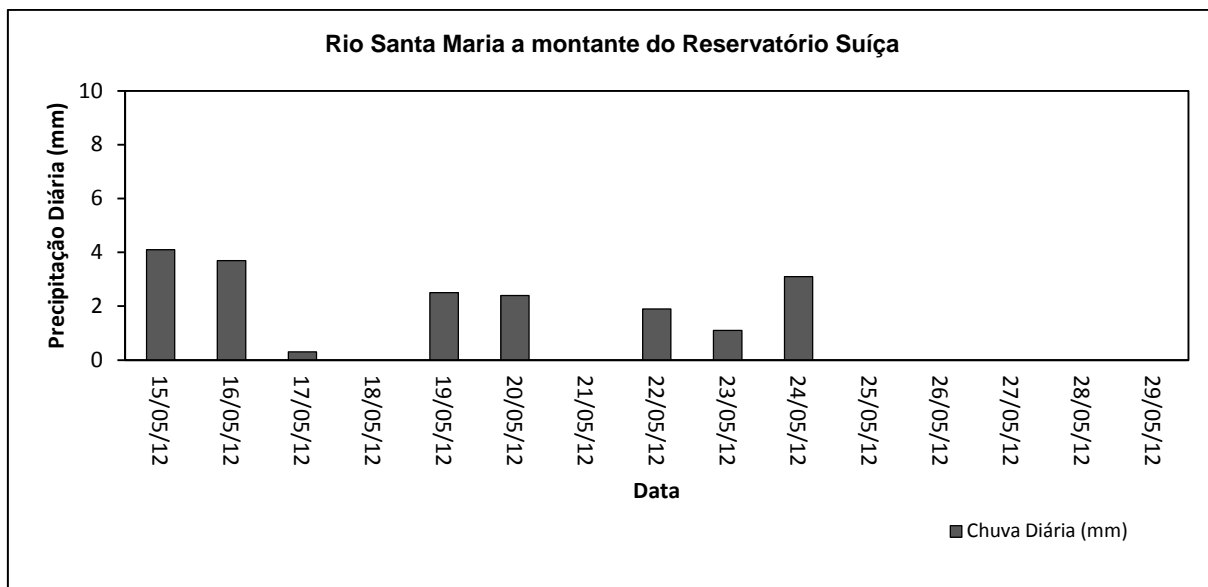


Figura 62 - Precipitações pluviométricas diárias (15/05/2012 a 29/05/2012)

Tabela 147 - Precipitações pluviométricas (mm) a montante do Reservatório Suíça nos dias 10/08/2012 a 24/08/2012, dia da coleta de amostras

Data	Chuva (mm)
10/08/2012	6,7
11/08/2012	2,3
12/08/2012	11,1
13/08/2012	16,1
14/08/2012	30,5
15/08/2012	17,3
16/08/2012	16,4
17/08/2012	9,1
18/08/2012	17,7
19/08/2012	74,5
20/08/2012	0,5
21/08/2012	20,7
22/08/2012	3,3
23/08/2012	6,7
24/08/2012	3,9

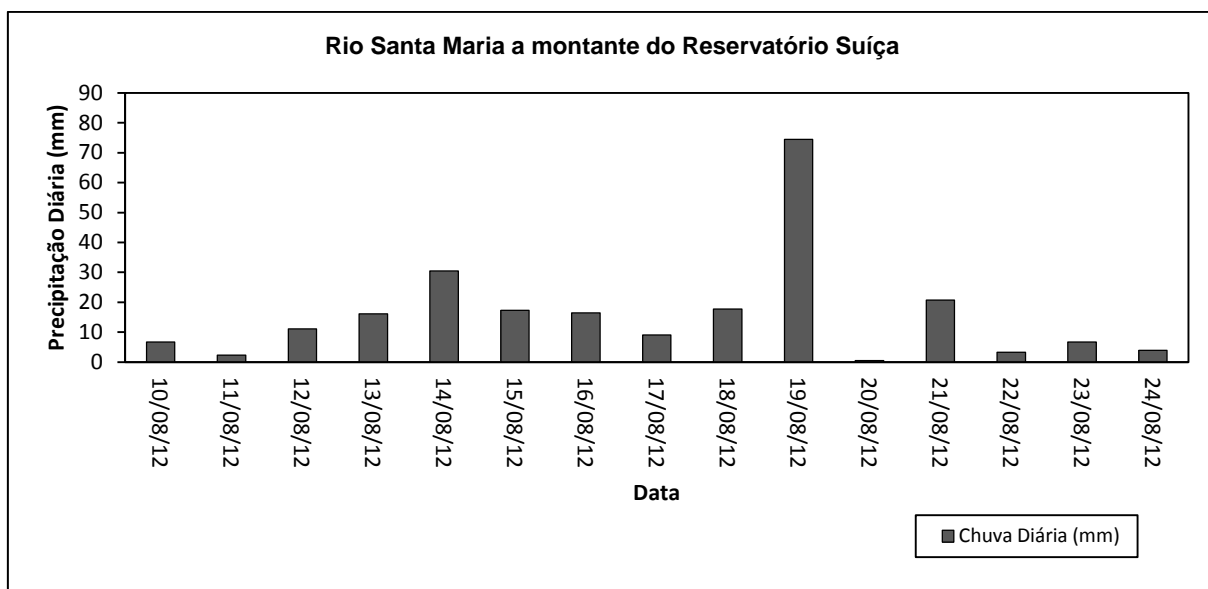


Figura 63 - Precipitações pluviométricas diárias (10/08/2012 a 24/08/2012)

Tabela 148 - Precipitações pluviométricas (mm) a montante do Reservatório Suíça nos dias 15/04/2013 a 29/04/2013, dia da coleta de amostras

Data	Chuva (mm)
15/04/2013	0
16/04/2013	0
17/04/2013	0
18/04/2013	0
19/04/2013	0
20/04/2013	0
21/04/2013	0
22/04/2013	0,4
23/04/2013	0
24/04/2013	0
25/04/2013	0
26/04/2013	0
27/04/2013	0
28/04/2013	0
29/04/2013	0,3

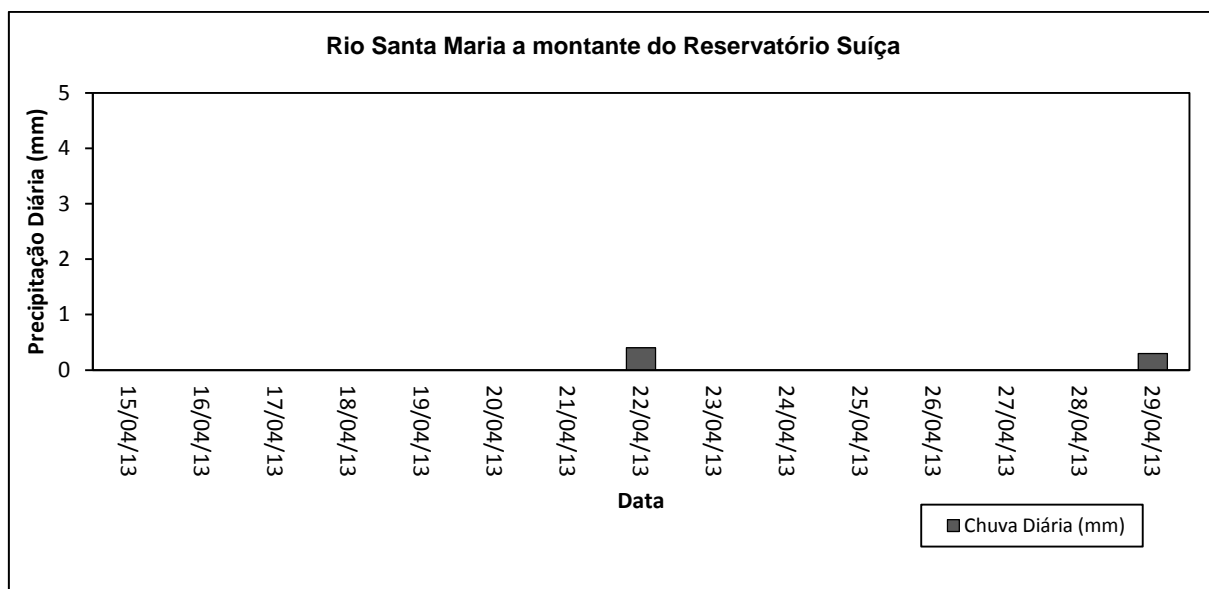


Figura 64 - Precipitações pluviométricas diárias (15/04/2013 a 29/04/2013)

Tabela 149 - Precipitações pluviométricas (mm) a montante do Reservatório Suíça nos dias 21/06/2013 a 05/07/2013, dia da coleta de amostras

Data	Chuva (mm)
21/06/2013	0
22/06/2013	0
23/06/2013	0
24/06/2013	1,9
25/06/2013	4,3
26/06/2013	0
27/06/2013	0
28/06/2013	0
29/06/2013	0
30/06/2013	0
01/07/2013	0
02/07/2013	0
03/07/2013	0,4
04/07/2013	0
05/07/2013	0

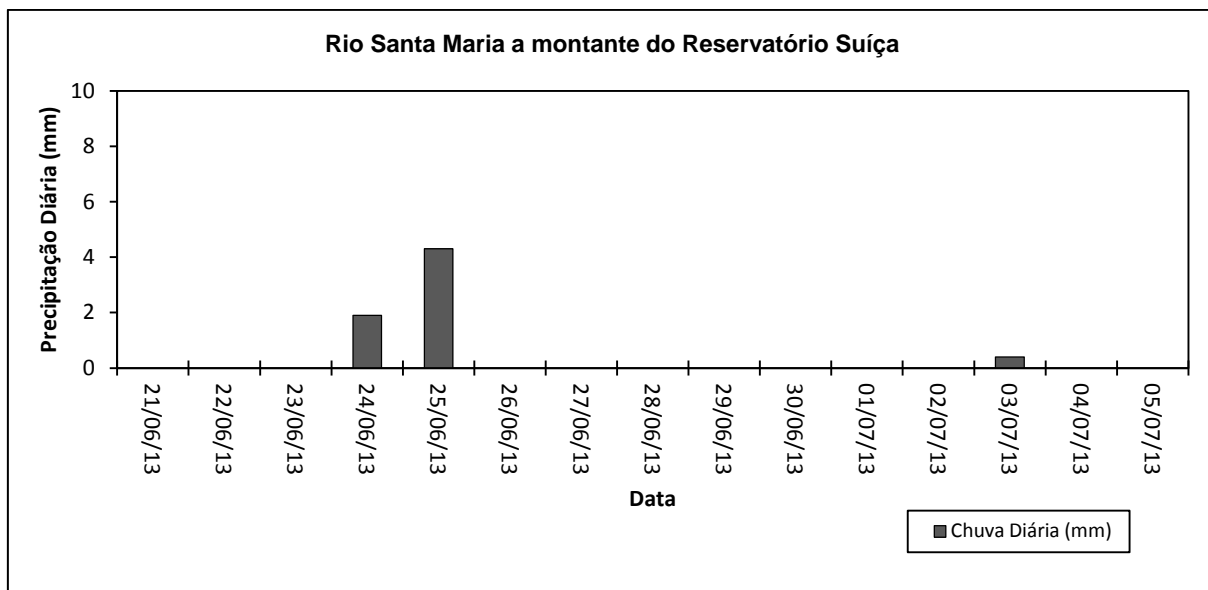


Figura 65 - Precipitações pluviométricas diárias (21/06/2013 a 05/07/2013)

Tabela 150 - Precipitações pluviométricas (mm) a montante do Reservatório Suíça nos dias 03/10/2013 a 17/10/2013, dia da coleta de amostras

Data	Chuva (mm)
03/10/2013	14,6
04/10/2013	0
05/10/2013	7,6
06/10/2013	20,1
07/10/2013	0
08/10/2013	5,2
09/10/2013	12,1
10/10/2013	4,7
11/10/2013	1,8
12/10/2013	16,1
13/10/2013	4,7
14/10/2013	4,6
15/10/2013	0,2
16/10/2013	0
17/10/2013	0

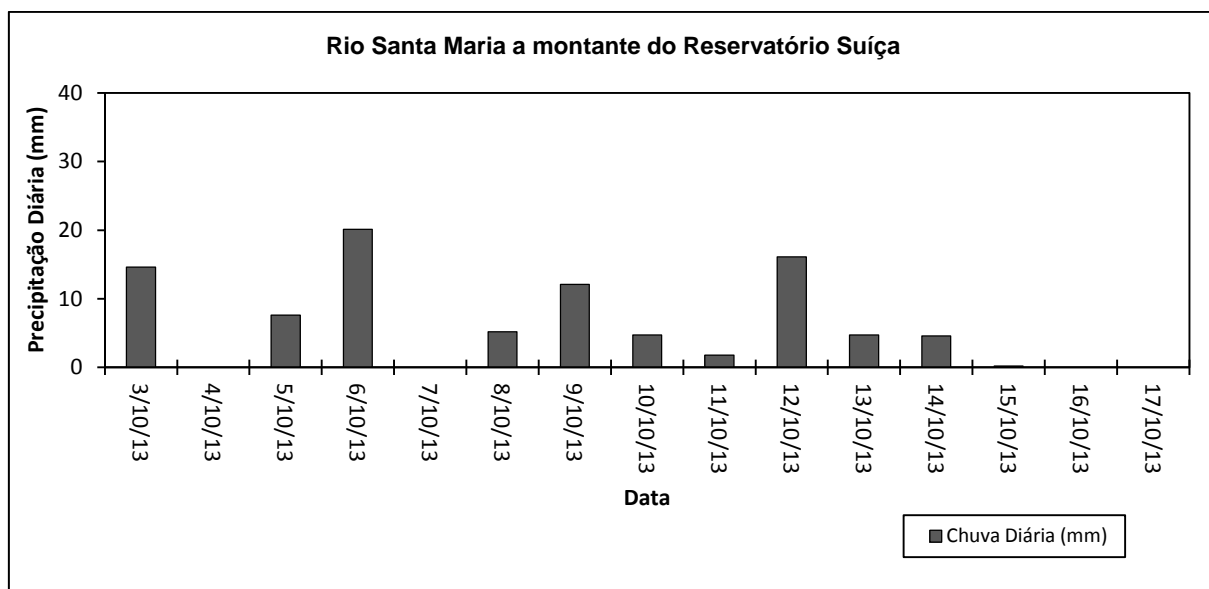


Figura 66 - Precipitações pluviométricas diárias (03/10/2013 a 17/10/2013)

Tabela 151 - Precipitações pluviométricas (mm) a montante do Reservatório Suíça nos dias 17/01/2014 a 31/01/2014, dia da coleta de amostras

Data	Chuva (mm)
17/01/2014	0
18/01/2014	0
19/01/2014	16,9
20/01/2014	0,2
21/01/2014	0
22/01/2014	0
23/01/2014	0
24/01/2014	0
25/01/2014	0
26/01/2014	0
27/01/2014	0
28/01/2014	0
29/01/2014	4,5
30/01/2014	0
31/01/2014	0

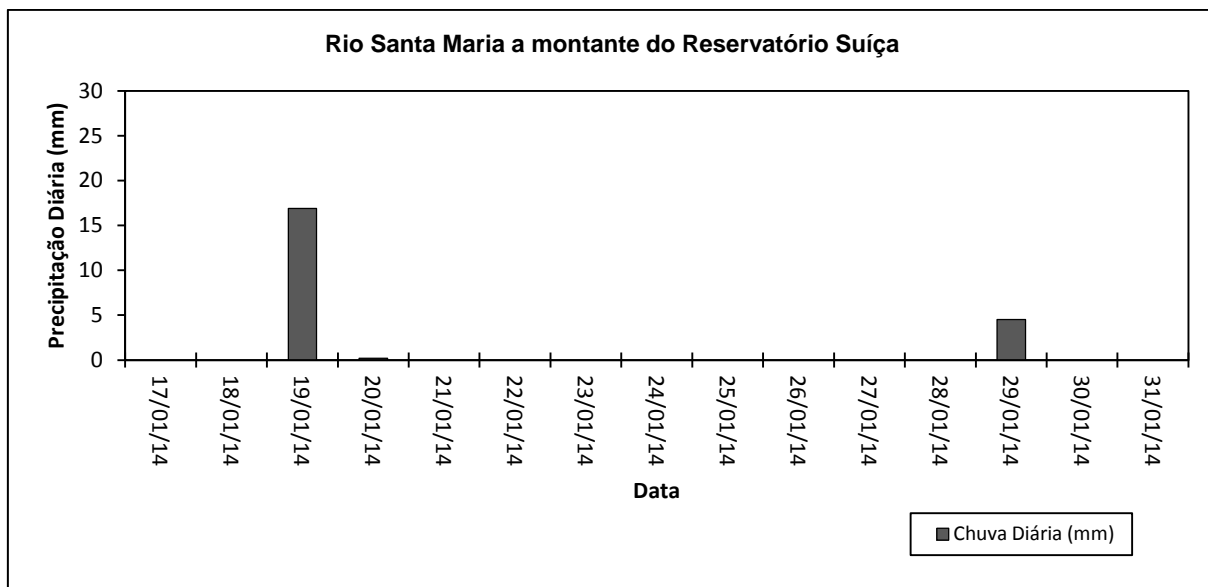


Figura 67 - Precipitações pluviométricas diárias (17/01/2014 a 31/01/2014)

Tabela 152 - Precipitações pluviométricas (mm) a montante do Reservatório Suíça nos dias 10/04/2014 a 24/04/2014, dia da coleta de amostras

Data	Chuva (mm)
10/04/2014	0
11/04/2014	0
12/04/2014	0,5
13/04/2014	0,4
14/04/2014	0
15/04/2014	10,4
16/04/2014	13,7
17/04/2014	2,6
18/04/2014	0
19/04/2014	0
20/04/2014	0
21/04/2014	0
22/04/2014	1,8
23/04/2014	0
24/04/2014	0

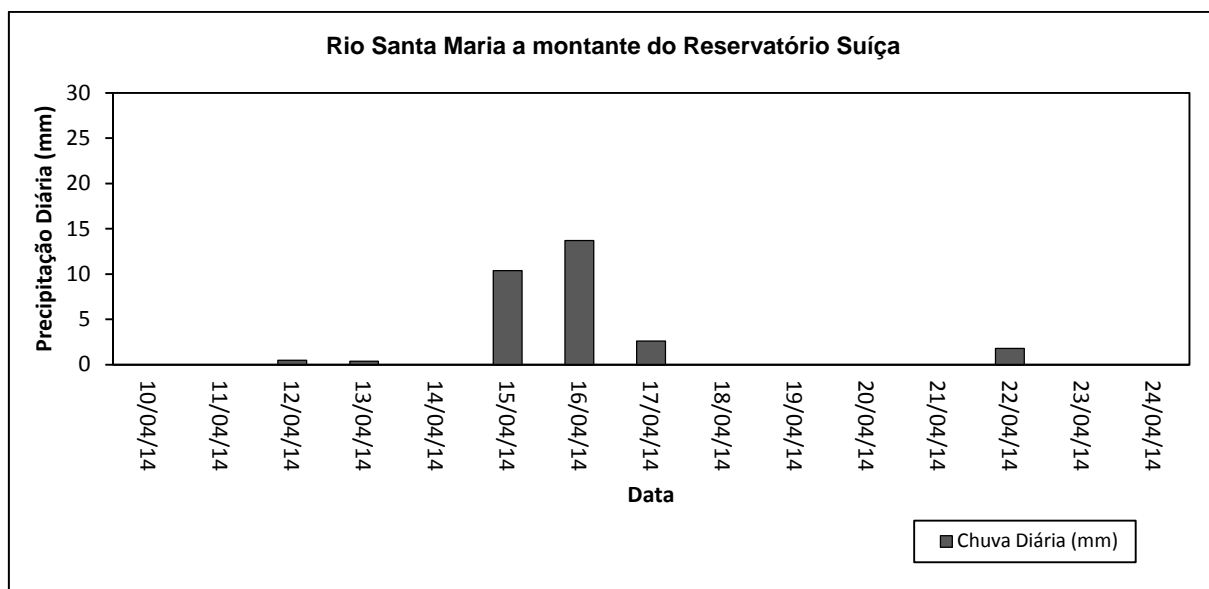


Figura 68 - Precipitações pluviométricas diárias (10/04/2014 a 24/04/2014)

Tabela 153 - Precipitações pluviométricas (mm) a montante do Reservatório Suíça nos dias 19/06/2014 a 03/07/2014, dia da coleta de amostras

Data	Chuva (mm)
19/06/2014	0
20/06/2014	0
21/06/2014	3,1
22/06/2014	0,5
23/06/2014	0,2
24/06/2014	0
25/06/2014	0
26/06/2014	0
27/06/2014	0
28/06/2014	0
29/06/2014	0
30/06/2014	1
01/07/2014	0
02/07/2014	0
03/07/2014	0

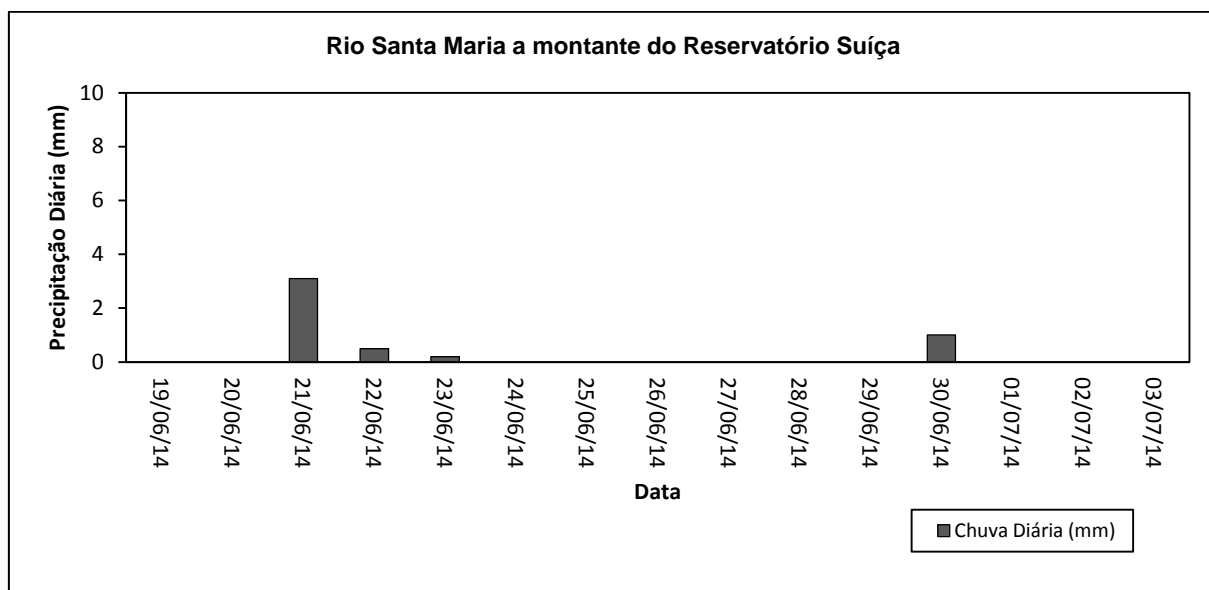


Figura 69 - Precipitações pluviométricas diárias (19/06/2014 a 03/07/2014)

APÊNDICE II

Tabela 154 - Estimativas de percentagens de redução do aporte por campanha e média geral de fósforo ao reservatório de Rio Bonito

Data	Condutividade ($\mu\text{s/m}$)	MEIcond (μs)	PT (real) (mg/l)	PT(natural) (mg/l)	Redução (%)
out/08	4900	793,92	0,0925	0,0341	63,12
dez/08	6000	972,14	0,0203	0,0360	-
fev/09	5100	826,32	0,0187	0,0345	-
abr/09	5300	858,73	0,0990	0,0348	64,80
jun/09	6100	988,34	0,0530	0,0362	31,71
ago/09	4620	748,55	0,0680	0,0336	50,62
nov/10	6300	1020,75	0,0600	0,0365	39,15
fev/11	6400	1036,95	0,1700	0,0367	78,43
mai/11	5200	842,52	0,0200	0,0347	-
ago/11	6200	1004,55	0,0100	0,0364	-
out/11	5300	858,73	0,0100	0,0348	-
fev/12	5400	874,93	0,0400	0,0350	12,45
mai/12	4700	761,51	3,3400	0,0337	98,99
ago/12	5900	955,94	0,1400	0,0359	74,38
abr/13	5330	863,59	0,0320	0,0349	-
jul/13	4530	733,97	0,0190	0,0334	-
out/13	7800	1263,78	0,0930	0,0387	58,41
jan/14	200	32,40	0,0530	0,0144	72,86
abr/14	6000	972,14	0,0030	0,0360	-
jul/14	5900	955,94	0,0250	0,0359	-
Média Geral	5359	868,28	0,2183	0,0349	83,99

Tabela 155 - Estimativas de percentagens de redução por campanha e média geral do aporte de fósforo ao reservatório Suíça

Data	Condutividade (µs/m)	MEIcond (µs)	PT (real)(mg/l)	PT(natural)(mg/l)	Redução (%)
out/08	5300	2446,15	0,0216	0,0462	-
dez/08	5900	2723,08	0,0290	0,0476	-
fev/09	5300	2446,15	0,0340	0,0462	-
abr/09	4900	2261,54	0,0320	0,0453	-
jun/09	3700	1707,69	0,0140	0,0420	-
ago/09	4760	2196,92	0,0010	0,0449	-
nov/10	6300	2907,69	0,1000	0,0484	51,57
fev/11	9200	4246,15	0,1000	0,0536	46,35
mai/11	5100	2353,85	0,0100	0,0457	-
ago/11	4600	2123,08	0,0100	0,0445	-
out/11	4900	2261,54	0,0100	0,0453	-
fev/12	5700	2630,77	0,0200	0,0471	-
mai/12	4600	2123,08	0,0500	0,0445	11,02
ago/12	3200	1476,92	0,0740	0,0403	45,49
abr/13	4630	2136,92	0,0160	0,0446	-
jul/13	4330	1998,46	0,0010	0,0438	-
out/13	4900	2261,54	0,0020	0,0453	-
jan/14	5500	2538,46	0,0080	0,0467	-
abr/14	5700	2630,77	0,0180	0,0471	-
jul/14	4200	1938,46	0,0010	0,0434	-
Média Geral	5136	2370,46	0,0276	0,0458	-